

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Rakennustekniikka

Tuotantotekniikka

INSINÖÖRITYÖ

SILTAHANKKEEN PUUMATERIAALIEN TYÖMAALOGISTIikka

**Työn tekijä: Sanna Oksanen
Työn valvoja: Mika Lindholm
Työn ohjaaja: Pentti Ovalo**

Työ hyväksytty: __. __. 2007

**Mika Lindholm
lehtori**

ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin Skanska Infra Oy:n silta yksikölle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita henkilöitä. Yrityksen puolesta ohjaajana toimi työpäällikkö Pentti Ovalo.

Työ tehtiin insinööritutkintoa varten Helsingin ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa. Työn valvojana toimi lehtori Mika Lindholm.

Kiitän ohjaajaa ja valvojaa ohjauksesta ja kannustamisesta työn aikana. Kiitän Lohja-Lohjanharju –väylähankkeen työntekijöitä, joilta sain arvokasta tietoa työni pohjaksi. Lisäksi olen kiitollinen kaikista kuvista, joita sain Muurla-Lohja –hankkeen työmaamestarilta Magnus Ahlskogilta. Kuvat valaisevat niitä, joille työn aihepiiri ei ole entuudestaan tuttu.

Helsingissä 17.4.2007

Sanna Oksanen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Sanna Oksanen	
Työn nimi: Siltahankkeen puumateriaalien työmaalogistiikka	
Päivämäärä: 17.4.2007	Sivumäärä: 50 + 6 liitettä
Koulutusohjelma: Rakennustekniikka Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotekniikka	
Työn valvoja: Mika Lindholm, rakentamistalouden opettaja	
Työn ohjaaja: Pentti Ovalo, Skanska Infra Oy	
<p>Tämä insinööritö tehtiin Skanska Infra Oy:n siltayksikölle. Yrityksen ongelmana on ollut puumateriaalien liiallinen siirtely työmaa-alueen sisällä. Työn tavoitteena oli selvittää taloudellisin tapa tilata puumateriaalia siltatyömaalle, jotta nämä kuljetukset vähenisivät.</p> <p>Työ aloitettiin selvittämällä nykyinen toimintatapa tilata ja kuljettaa puumateriaalia työmaalle sekä näiden synnyttämät kustannukset. Sen jälkeen selvitettiin mitkä asiat vaikuttavat tilattaviin määriin ja laatuihin.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi kuva siitä, mikä on taloudellisesti paras tapa tilata puumateriaali työmaalle. Varastoalueiden käyttö todettiin kalliiksi vaihtoehdoksi ja sitä yrityksen tulisi välttää. Puumateriaalien määrälaskenta ennen materiaalin tilausta mahdollistaa sen, että siltakohteelle kuljetetaan vain tarvittava määrä puuta. Tällä vähennetään sisäisten kuljetusten määrää ja materiaalihukkaa.</p>	
Avainsanat: Silta, tukiteline, muotti, puumateriaali	

ABSTRACT

Name: Sanna Oksanen	
Title: Wood Materials and Logistics at the Bridge Site	
Date: 17.4.2007	Number of pages: 50
Department: Civil Engineering	Study Programme: Production Engineering
Instructor: Mika Lindholm, Lecturer of building finances	
Supervisor: Pentti Ovalo, Skanska Infra Oy	
<p>This study was commissioned by Skanska Infra Oy. The company's problem had been that the wood material had been excessively transferred at the site. The aim of this thesis was to define the most economical way to order wood material for this bridge site.</p> <p>The study begun by solving the present way of ordering and delivering wood material for the site and also the subsequent costs. Following this, the facts that have an effect on quantities and quality of the order were defined.</p> <p>As final result, we determined the most economical way to order wood material for the site. To use the storage areas was found as an expensive alternative. Calculating the wood material before ordering makes it possible that only needed amount of wood is transferred to the site. Therefore, the amount of material loss and the amount of transfer is cut.</p>	
Keywords: Bridge, Wood material,	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimustavoite	1
1.2	Tutkimuksen toteutus	2
1.2.1	<i>Tutkimusaineisto</i>	2
1.2.2	<i>Kirjallisuus</i>	3
1.3	Työn rakenne ja eteneminen	3
2	TUKITELINE- JA MUOTTIVAIHTOEHTOJA SILLANRAKENNUKSESSA	4
2.1	Tukitelineet	4
2.2	Muotit	8
3	TYÖMAALOGISTIIKKA	13
3.1	Varastot	14
3.2	Kuljetukset	15
3.3	Hankinnat	16
3.4	Suunnittelu	17
4	ESIMERKKIHANKKEEN LÄPIKÄYNTI	19
4.1	Siltayksikön toimintatapoja esimerkkihankkeella	20
4.2	Esimerkkihankkeella syntyneet kustannukset	26
4.2.1	<i>Muottien kustannukset</i>	28
4.2.2	<i>Tukitelineiden kustannukset</i>	31
4.2.3	<i>Kuljetuksien ja nostojen kustannukset</i>	34
4.2.4	<i>Yhteenveto esimerkkihankkeen puumateriaalien kustannuksista</i>	38

5	KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	39
5.1	Muotit	39
5.2	Tukitelineet	40
5.3	Kuljetukset ja nostot	40
5.4	Siltasuunnitelmien vaikutus	42
6	MUUTETUT MALLIHANKKEET JA KUSTANNUSVERTAILUT	43
6.1	Muutettu malli 1	43
6.2	Muutettu malli 2	45
6.3	Johtopäätökset muutetuista malleista	47
7	PÄÄPERIAATTEET KUSTANNUSTEHOKKAAMPAAN TOIMINTAAN	48
8	YHTEENVETO	49
	LÄHDELUETTELO	50
	LIITTEET	

LIITE 1	Telinesuunnitelma kehäsillalle
LIITE 2	Telinesuunnitelma jännitettävälle teräsbetonipalkkisillalle
LIITE 3	Telinesuunnitelma ulokelaattasillalle
LIITE 4	Siltatyypit
LIITE 5	Siltojen sijaintikartta
LIITE 6	Kustannusseurantataulukko

1 JOHDANTO

Insinööriyön aiheen on antanut Skanska Infra Oy:n siltaosasto. Skanska Infra Oy toimii maa- ja ympäristörakentamisen parissa koko Suomen alueella. Yhtiö rakentaa suurten väylähankkeiden yhteydessä kymmeniä siltoja vuositteittain. Siltojen rakennusaikaiset tukitelineet ja muotit on pääosin tehty puusta. Puun hinnan voimakkaan nousun johdosta yhtiö haluaa selvittää puutaran hankinnan ja työmaalogistiikan eri vaihtoehtojen kustannukset. Kiristävän kilpailun takia on tarpeellista etsiä kustannussäästöjä.

1.1 Tutkimustavoite

Tutkimustyön tarkoituksena on selvittää suurten väylähankkeiden puuaineisten siltamuotti- ja tukitelinemateriaalien kokonaistaloudellisesti edullisin hankinta- ja logistiikkajärjestelmä.

Tutkimustyön osana mietitään materiaali- ja logistiikkajärjestelmien valinnan vaikutusta työmaaympäristön ja kierrätyksen näkökulmasta. Tutkimuksessa pyritään löytämään eri hankinta- ja logistiikkajärjestelmien kustannuserot.

Tavoitteena on myös selvittää, mikä on taloudellisesti edullisin tapa toimittaa sillan muotti- ja teline materiaalit työmaalle. Käytetäänkö materiaalien väliaikaiseen sijoitukseen varastoaluetta vai olisiko taloudellisempaa sijoittaa se suoraan käyttökohteelle.

Tavoitteeseen pääsemiseksi on selvitettävä aiemmat tavat, joilla työmailla on toimittu. Selvitetään paljonko rahaa on mennyt materiaaleihin ja paljonko kuljetuksiin. On selvitettävä asiat, jotka vaikuttavat materiaalien valintaan muoteissa ja telineissä. Materiaalien valinta ja käytön suunnittelu vaikuttavat työmaan sisäisiin kuljetuksiin, joko laskien tai nostaen kustannuksia.

Tutkimuksen tulos edesauttaa tulevien väylähankkeiden kustannuslaskentaa ja työsuunnittelua siltojen osalta. Se auttaa säästämään kustannuksissa ja sitä kautta parantamaan yrityksen kilpailukykyä.

1.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimustyön ensimmäisenä tehtävänä on selvittää mikä on perinteinen toimintatapa, puumateriaalin tilausmenettelyssä ja varastoinnissa. Tiedot kerätään kartoittamalla aiempien ja nyt käynnissä olevien väylähankkeiden toimintatapoja. Seuraavaksi on selvitettävä, esimerkkihankkeen avulla, millaisia kustannuksia materiaalin osto, kuljetus ja varastointi aiheuttaa. Ostomäärät ja -hinnat selvitetään laskutustiedoista ja kuljetuksia arvioidaan ajopäiväkirjojen ja haastatteluiden perusteella. Osa materiaalikuljetuksien määrästä saadaan selville siltoihin kohdistuneen kustannus litteroinnin kautta. Viimeisessä vaiheessa materiaalivalintojen kustannuksia nostavia ja laskevia vaikutuksia tarkastellaan ja tehdään vertailu vanhaan toimintatapaan.

1.2.1 Tutkimusaineisto

E18 Lohja–Lohjanharju -väylähanketta käytetään tutkimuksen pohjana. Työmaalta kertyneistä kustannusseuranta-aineistoista saadaan puutavaran menekki- ja laskutustietoja. Laskutustietojen pohjalta tehdään laskennallisia arviointeja uudelle toimintatavalle. Esitutkinnassa kerätään tietoa muotti- ja telinemateriaalien hankintatavoista. Lisäksi kerätään tietoa tämän hetkisistä materiaali ja kuljetushinnoista. Kuljetuksista johtuvat kustannukset eritellään, jotta niitä voidaan vertailla erilaisiin vaihtoehtoihin. Erikseen tarkastellaan sisäisten siirtojen määriä ja niiden kustannuksia. Sisäisten kuljetusten hintoja määritellään sopimuksen ja kuljetusliikkeen ajopäiväkirjojen perusteella. Tutkitaan paljonko materiaaleja kierrätetään eri silloilla ja paljonko materiaaleista syntyi hukkaa tai jätettä.

Tutkimusaineiston avulla selvitetään kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Selvitetään paljonko määrämittaisella muottimateriaalilla voidaan hukkaa ja jätettä vähentää ja miten se vaikuttaa muihin kustannuksiin. Tutkitaan paljonko kustannuksiin vaikuttaa toimituserien muokkaaminen ja suunnittelu sellaisiksi kuin niitä oikeasti tarvitaan ja mitä vaaditaan, että toimitukset tulisivat suoraan siltapaikoille.

Tarkoituksena on etsiä mahdollisuuksia vähentää kustannuksia. Selvittää tapoja säästää aikaa ja kohentaa yrityksen imagoa. Tutkimusta tarkastellaan urakoitsijan oman tuotannon näkökulmasta.

1.2.2 Kirjallisuus

Lähteinä käytetty kirjallisuus toimi pohjana logistisen ajattelun parantamisessa. Lähteistä poimitaan tämänhetkisiä toimintatapoja ja suosituksia logistiselle toiminnalle. Kirjallisuuslähteistä kerätään tietoa tukiteline- ja muottivaihtoehtoista sekä niihin vaikuttavista tekijöistä.

1.3 Työn rakenne ja eteneminen

Aluksi työssä kuvataan mitä tutkimustyöhön on kuulunut ja mitä ja miten sitä on tutkittu. Luvussa 2 käydään läpi silloilla käytettyjä tukiteline- ja muottivaihtoehtoja meillä ja maailmalla. Luvussa 3 käydään läpi logistiikan eri osat; varastointi, kuljetukset, ostot ja suunnittelu ja kerrotaan miten niitä tällä hetkellä suositellaan tehtävän. Tämänhetkiset toimintatavat on selvitetty E18 Lohja–Lohjanharju -väylähankeen (LOLO) tietojen perusteella ja ne puretaan luvussa 4. Lisäksi käydään tarkemmin läpi kustannuksia ja niihin vaikuttaneita toimintatapoja, muotin, telineen ja kuljetusten sekä nostojen osalta. Luvussa 5 esitellään uusia toimintatapoja ja vertaillaan niiden vaikutusta kustannuksiin LOLO:n tietojen pohjalta.

2 TUKITELINE- JA MUOTTIVAIHTOEHTOJA SILLANRAKENNUKSESSA

2.1 Tukitelineet

Sillan tukitelineellä tarkoitetaan väliaikaista rakennelmaa, jonka tarkoituksena on rakenteilla olevan sillan muotin tukeminen ja siltä tulevien kuormien siirtäminen alaspäin. Tukitelineet poistetaan kun betoni on riittävästi kovettunut.

Tukirakenteet jaetaan toimintatavaltaan pysty- ja vaakatelineisiin. Pystytelineillä tarkoitetaan yleensä tukitorneja, joita on jäykistetty vaaka- ja vinositeillä. Ristikot, palkkirakenteet ja ansaat ovat tyypillisiä vaakatelineitä. Niitä käytetään kun muotin alle halutaan kulkuaukkoja tai kun muotin profiili niitä vaatii.¹

Tukitelineen materiaalivalintaan vaikuttaa suureksi osaksi se pinta, johon teline tuetaan. Tulevan sillan alla voi olla niin maata, kalliota kuin vettäkin. Olemassa olevat väylät ja liikennevirrat vaikuttavat osaltaan materiaalivalintaan. Tukiteline on kuitenkin vain väliaikainen rakenne, jonka pääasiallisena tehtävänä on rakenteilla olevan sillan tukeminen.²

¹ Betonitekniikan oppikirja 2004

² RIL 179, *Sillat*.

Jos sillan alla on maata ja se kantaa hyvin, voidaan tukitelineen alle rakentaa pelkkapeti. Pelkat ovat puutukkeja, joiden kaksi sivua on sahattu tasaiseksi, noin 10–15 cm levyisiksi. Niitä käytetään tolpituksen alla, jotta saadaan kestävä ja tasainen alusta tukitelineelle. Pelkat tuetaan murskepedillä, kuten kuvassa 1 on tehty.



Kuva 1. Pelkkapeti tukitornien alla

Pelkoituksen päälle voidaan rakentaa tukiteline, joko puusta tai terästelineistä telinesuunnitelman mukaan. Telineissä käytetään sellaisia materiaaleja, jotka täyttävät voimassa olevien ohjeiden ja standardien ko. materiaalille asettamat vaatimukset. Puisessa tukirakenteessa käytetään tavallisesti 50 x 100 mm² soiroa ja tolpituksessa 100x 100 mm² tai 150 x 150 mm² puutolppia. Tolppina voi käyttää myös pyöreitä tukkeja.

Muita alustoja ovat kallio ja paalut. Paaluperusteisia tukitelineitä käytetään vesistöjä ylitettäessä, mutta myös heikosti kantavalla maaperällä. Paalutus tehdään joko teräksisillä putkipaaluilla tai teräsbetonipaaluilla. Sillan ympäristöä voidaan parantaa rakentamalla paalulaatta, jonka tarkoitus on estää huonon maaperän liialliset vaikutukset siltaan ja tiestöön.¹

Puun käyttö tukitelineratkaisuissa on Suomessa hyvin yleistä. Liitteissä 1-3 on esimerkkejä tukitelineiden telinesuunnitelmista. Puun saatavuus, työstettävyys ja hyvä ammattityövoima ovat selviä etuja sen käytölle. Kun telinepuutavaraa voidaan yleensä käyttää 2-3 kertaa, on puu myös kustannuksiltaan kilpailukykyinen tukitelineissä. Kuvasta 2 on esimerkki yhdestä LO-LO:n kehäsillan muotin tukitelineestä, jossa puu oli pääasiallinen rakennusmateriaali.²



Kuva 2. Kehäsilta, Lohja

Kyseisessä hankkeessa vain yhdessä sillassa käytettiin terästukitelinettä, jossa oli vanerimuotti. Sillan kaareva muoto sekä kiinnostus järjestelmämuottikaluston käyttöön, vaikuttivat tähän valintaan.

Euroopassa ja muualla maailmassa puun hinta on korkeampi kuin Suomessa. Tästä johtuen telineiden pääasiallisena materiaalina siellä on teräs. Eri-laiset järjestelmämuotit on kehitetty korvaamaan kallista puuta.

¹ RIL 147, *Tukitelineet ja muotit ja Betonitekniikan oppikirja 2004*

² Tielaituksen julkaisu: *Siltojen tukitelineet*

Kuvassa 3 näkyvillä teräksisillä järjestelmätelineratkaisuihin on hyvänä ominaisuutena suuri uudelleenkäyttöprosentti. Telineitä pystytään samoista osista rakentamaan uudelleen erilaisille silloille ja materiaalihukka jää ole-mattomaksi telineiden osalta.



Kuva 3. Teräksisiä tukitelineitä¹

Tällä hetkellä, kun puun hinta on Suomessa nousussa, alkavat terästelineet hintataistossa pärjätä. Suomen siltatyömaa näyttää tällä hetkellä puuviidakolta ja joskus hyvinkin epäsiistiltä (kuva 4), kun verrataan työmaata jossa käytetään teräksisiä tukitelineitä.



Kuva 4. Puinen sillan tukiteline, jännitettävälle betoniselle palkkisillalle

¹ www.doka.com

Kuvan 5 esittämä terästelineistö on vaihtoehto myös Suomessa, vaikka se vielä on vertailtaessa kalliimpi kuin puu. Eron työmaan siisteydessä näkee heti.



Kuva 5. Terästukiteline sillan muotille¹

Tällaisen terästukitelineen kasaaminen ja purku ovat työmaan ulkonäön kannalta siistejä. Kaikki osat kerätään talteen ja käytetään uudelleen seuraavassa kohteessa. Puinen tukiteline puretaan yleensä sorruttamalla ja tämän tuloksena syntyy paljon uudelleenkäyttökelpoista materiaalia ja työmaa on hetken kuin pommituksen jäljiltä.

2.2 Muotit

Siltamuotilla tarkoitetaan haluttuun muotoon tehtyä alustaa tai tukiseinää, jonka avulla saadaan betoni kovettumaan suunniteltuun muotoon. Lisäksi muotti toimii tukena raudoitukselle ja erilaisille läpivienneille. Muotin tehtävänä on vastaanottaa kuormia ja siirtää ne tukitelineelle.²

Toisin kuin Suomessa, muualla maailmassa siltojen muottimateriaalina käytetään laudan lisäksi myös vaneria. Suomessa vaneria käytetään siltamuoteissa harvoin, arkkitehtonisista syistä, näkyvillä pinnoilla. Laudan valttina on sen muodostama kuvio betonipinnalle ja vedenimukyky. Kun muotin imukyky kasvaa, pintakerros tiivistyy ja huokosten määrä pienenee. Vanerin

¹ www.perisuomi.fi

² Betonitekniikan oppikirja 2004

pintaan jättämä jälki ei ole yhtä tasalaatuinen ja lisäksi huokoista pintaa syntyy vanerimuotilla usein enemmän. Puu, puulevyt, teräs, alumiini, muovi ja lasikuitu ovat mahdollisia muottimateriaaleja. Jos muottia ei poisteta valun jälkeen, on vaihtoehtoja lisää. Betoni, poimulevyt, teräsverkot, pahvi-, pelti- ja teräsputket ovat käytettyjä muotteja rakennusallalla. Sillanrakennuksessa ei kaikkia näitä voi käyttää, koska vaatimukset näkyviin jääville betonipinnoille ovat tarkkoja.¹

Varsinaiselta muottipinnalta edellytetään, että se antaa kovettuvalle betonille sillan rakenneosien ulkonäkövaatimusten mukaisen pinnan ja muodon. Laadukkaan betonipinnan aikaansaamiseen vaikuttaa mm. muotin pintamateriaali. Muotin saumojen tulee olla niin tiiviit, ettei betonista erottuva sementtiliima pääse huuhtoutumaan pois sauman kohdalta ja siten heikentämään betonia. Muottimateriaalin valinta vaikuttaa muottipinnan väri vaihteluihin ja rakkuloiden muodostumiseen. Betonin sitoutumisen alkuvaiheessa muotin on estettävä veden liiallinen haihtuminen ja mahdollisen sateen tai virtaavan veden syövyttävä vaikutus sekä suojattava osaltaan betonia talvella jäätymistä vastaan. Muotin pintamateriaali vaikuttaa betonin pintakerroksen huokosten määrään.^{2,1}

Muotin jättämä jälki betoniin antaa siis yleisilmeen sillalle. Laudassa olevat oksakohdat imevät betonista enemmän vettä, joten ne aiheuttavat tummempia kohtia betonipintaan. Laudoituksen suunnat sillan eri osilla vaikuttavat ulkonäköön. Siltojen kannet laudoitetaan yleensä sillan pituussuuntaan, pilarit ja maatuet pystysuuntaan. Maatukien (kuva 6) näkyvät pinnat voidaan laudoittaa myös vaakasuuntaan, jos niihin tehdään muulla tavoin arkkitehtonisia erikoispiirteitä ja kuviointia. Kehäsiltojen jalkojen sisäpinnat laudoitetaan yleensä pystysuuntaan ja kansilaatan alapinta yleensä alittavan tien suuntaan.^{3,4}

¹ Betonitekniikan oppikirja 2004

² RIL 179, *Sillat*.

³ Tielaituksen julkaisu: *Siltojen tukitelineet*

⁴ BY40



Kuva 6. Valettu maatuki ja uuden maatuen telineet ja muotti.

Pystyyn laudoitetun muotin tukiteline on erilainen kuin vaakaan laudoitetun. Parempi tuki alas saadaan kun laudoitetaan vaakasuuntaan ja pystysuuntaan laudoitettaessa tuetaan valettavaa rakennetta sivuilta.¹

Tavallisesti muottilautana käytetään 22 x 100 mm² sahatavaraa ja puhdasvaluissa 20 x 95 mm² ponttilautaa (puhdasvalulla ymmärretään muottia vasten valettua betonipintaa, joka jää sellaisenaan käsittelemättä tai pinnoitetaan).

Muotin materiaalista syntyy paljon enemmän hukkaa ja uudelleenkäyttökelvotonta jätettä kuin tukitelineistä. Muottiin joudutaan usein tekemään erilaisia läpivientejä ja kiiloja sillan muodon mukaan. Tämä aiheuttaa uudelleenkäyttökelvottoman materiaalin syntymistä. Vanerimuottia voidaan parhaiten käyttää suorissa pinnoissa esimerkiksi laattasiltojen kannen alapinnan muottina². Muottimateriaalit, varsinkin vaneriset kierrättyvät paremmin ja usein haluttu lautakuvio painetaan vanerin pinnalle lasikuitutekniikan tai muiden menetelmien avulla. Tilaajan vaatimukset voivat kuitenkin kieltää vanerin käytön kokonaan.

On olemassa kolmentyyppisiä muottijärjestelmiä, pystyrakenteiden muotteja, vaakarakenteiden muotteja ja erityismuotteja. Seinien ja pilarien muottina käytetään pystyrakenteiden muotteja, vaakarakenteiden muotteja käytetään holveissa ja sillan kansissa. Erityismuotteja käytetään kaikissa pysty- ja vaakarakenteissa, suunnitelmien mukaan.¹

¹ Betonitekniiikan oppikirja 2004

² RIL 179, *Sillat*.

Siltojen muottimateriaalina käytetään pääsääntöisesti raakaponttia, josta betonipinnalle kopioituva laudan kuvio muodostaa yhtenäisen ilmeen koko sillalle. Maatukien pääasiallinen muotti- ja tukitelinemateriaali on puu, kun taas pilareissa käytetään jo paljon valmismuotteja. Pyöreisiin pilareihin löytyy yhtä helposti valmismuotti kuin neliskanttisiinkin. Pilarimuotti tehdään puusta jos pilarin muoto on halkaisijaltaan tai muodoltaan harvinainen. Hinta ratkaisee tietenkin viimekädessä sen, kumpaa muottia hankkeessa käytetään. Yleensä samassa urakassa on useita siltoja, joiden pilarit ovat samanlaisia muodoiltaan ja tästä syystä valmiiden muottien käyttö on kannattavaa.

Esimerkiksi vielä rakenteilla olevalla E18 Muurla-Lohja Skanska Infra Oy:n moottoritietyömaalla käytettiin pilareiden valmismuotteja. Kuvassa 7 näkyy käytetty Perin pyöreän pilarin muotti.¹



Kuva 7. Perin pilarimuotit ja telineet¹

Ensimmäisiä alumiinirunkoisia muotteja käytettiin jo 1970-luvulla. Alumiini kestää paremmin kuin teräs ja se on lisäksi huomattavasti kevyempää. Alumiinisen muotin siirto voi onnistua joissain tapauksissa miesvoimin, mutta yleensä sen liikutteluun tarvitaan nosturi.²

¹ www.perisuomi.fi, E18 Muurla-Lohja -moottoritien siltatyömaa

² Betonitekniikan oppikirja 2004

Valmismuottien toimitukseen sisältyy yleensä myös työskentelytelineet. Usein telineet on helppo toteuttaa ja niihin liittyvät työturvallisuusasiat on jo teline-toimittajan puolesta valmiiksi suunniteltu. Tällaisten muottien hinta on kallis jos käyttökohteita on vain yksi, mutta mitä useammassa sillassa niitä voidaan käyttää, sitä suurempi hyöty niistä saadaan ja kustannus muotille laskee.

Puisen muotin lisäksi käytössä olevia muottijärjestelmiä ovat, suurmuotti- ja kasettimuottijärjestelmät. Suurmuotti muodostuu kahdesta vastakkain olevasta muotista, jotka ovat valettavan seinämän korkuisia. Suurmuotin pinta-materiaalina voi olla vaneri tai teräs ja sen nostamiseen tarvitaan nosturia. Valupintaa tukee, joko puiset tai teräksiset, koolaukset. Yhdessä muottipuoliskossa on vähintään kaksi tukijalkaa, joilla muotti tuetaan paikalleen. Muottipuoliskot sidotaan toisiinsa pulteilla, muotin ala- ja yläosasta. Kasettimuotit voidaan jakaa kahteen järjestelmään, kevyisiin kasettimuotteihin ja järjestelmämuotteihin. Kevyet kasettimuotit kootaan kaseteista, joiden mitat ovat 3M-kerrannaisia ja niiden runko on puuta, terästä tai alumiinia. Runkoon on yleensä kiinnitetty, joko vanerinen tai teräksinen muottilevy. Kasettimuottijärjestelmät sopivat parhaiten pienikokoisiin kohteisiin. Järjestelmämuotteja taas käytetään yksinkertaisissa suorissa tai monimuotoisissa rakenteissa.¹

Liukuvalumuotit ovat pystysuuntaan liikkuvia ja niiden tarkoitus on pyrkiä jatkuvaan valutyöhön. Muottipintana voi olla vaneria, lautaa tai terästä, lisäksi muotti tarvitsee nostolaitteen noustakseen valun mukana. Tällaista muottia käytetään korkeissa savupiippujen ja vesitornien tekemiseen. Vuosaaren satamahankkeessa liukuvalutekniikkaa käytettiin satama-altaan tukimuurien valuissa. Liukuvalutekniikkaa on käytetty myös sillanrakennuksessa.¹

Muotteja tulee työmaalla käsitellä huolellisesti ja varovaisuutta noudattaen. Varomaton käsittely aiheuttaa vaurioita muottipinnalle tai muotin rungolle. Muotin irrotus tulee suunnitella ja toteuttaa niin, ettei se ei vaurioidu. Varastoinnissa täytyy kiinnittää huomiota muotin alustaan. Alustan tulee olla tasainen ja painumaton. Muotit suojataan riittävästi, jotteivät säätilojen vaihtelut vaurioita pintaa.¹

¹ Betonitekniikan oppikirja 2004

3 TYÖMAALOGISTIIKKA

Vanhat logistiset rakenteet aiheuttavat yrityksessä ongelmia hankinnan, tuotannon ja varastojen koordinoinnissa, kun tulee uusia ja kovempia suoritusvaatimuksia. Työmaat tulisi viedä läpi nopeammin, tiedonkulun sekä pääoman tuoton tulisi olla parempaa.¹ Tästä syystä on tärkeää kehittää yrityksen sisäistä logistiikkaa, mutta myös yhteistyötä materiaalitoimittajien ja aliura-koitsijoiden kanssa. Tieto ja erityisesti tiedonvälitys ovat keskeisessä asemassa kehitettäessä logistisia toimintoja.²

Tavallisesti tilaaja ei näe yrityksen sisällä olevia logistisia toimintoja ja vaikka näkisikin, tuskin sillä olisi vaikutusta ostopäätökseen. Yrityksen on tärkeää osata sisäiseen tehokkuuteen liittyvä logistiikka, vaikka se ei suoraan vaikuttaisikaan asiakkaan päätökseen. Sisäiseen logistiikkaan kuuluu mm., varastointi, kuljetukset, hankintatoimi ja suunnittelu. Kun nämä hallitaan, saadaan toiminnasta kustannustehokkaampaa.³

Yrityksen ulkoiseen tehokkuuteen tähtäävä logistinen osaaminen näkyy kaikille ja sen avulla voi luoda hyvän erottautumiskeinon. Ulkoiseen tehokkuuteen luetaan joustavuus, toimitus- ja palvelukyky sekä ympäristöosaaminen. Tavoitteena tulisi olla se, että ulkoinen tehokkuus on koko ajan parempi kuin kilpailijoilla. Logistisen osaamisen tuottamaa kilpailuetua on kilpailijoiden vaikea jäljittää, sillä yrityksen sisäiset prosessit eivät näy yleensä ulospäin.³

¹ Haapanen, *Logistiikka osana strategista johtamista*.

² Karrus, *Logistiikka*

³ Sakki, Jouni, *Logistinen prosessi: Tilaus-toimitusketjun hallinta*.

3.1 Varastot

Koska suuret varastot ovat aina merkki ongelmista yritysten välillä tai yrityksen sisällä, voidaan tuloksia saada aikaan vain lisäämällä yhteistyötä tavarantoimittajien kanssa. Pienet varastot ovat aina merkki toimivasta materiaalinohjauksesta. Varastoiminen aiheuttaa paljon kustannuksia ja sitä ei saisi koskaan pitää itsetarkoituksena. Sen sijaan pitäisi jatkuvasti etsiä ratkaisuja siihen, miten tuotteet saataisiin siltatyömaalle mahdollisimman lähellä todellista tarvehetkeä. Päätös toimintatavasta tulisi tehdä yrityksen johdossa, ilman sitoutumista päätökseen ei yleensä saavuteta muutoksia.¹

Varasto muodostuu yleensä kahdesta osasta: käyttövarastosta ja varmuusvarastosta. Käyttövaraston, jolla tässä tarkoitetaan sitä tavaraerää, joka on työmaalle siirrettyinä, suuruuteen vaikuttaa tilattujen toimituserien koko. Varmuusvarasto, joka fyysisesti sijaitsee työmaa-alueella, mutta ei siltakohteella, taas riippuu halutun palveluasteen ja valvonnan tarkkuudesta. Varmuusvarastojen syntyä selitetään yleensä niin, että tavaraa tilataan varmuuden vuoksi vähän aikaisemmin tai enemmän kuin sitä tarvitaan. Varmuusvaraston halutaan muodostavan puskurin, josta materiaaleja voidaan ottaa kysynnän äkkiä noustessa tai toimituksen viivästyttyä.¹

Varmuusvarastot ovat huono keino turvata työmaan palvelukykyä. Varmuusvarastoja voidaan pienentää antamalla tavarantoimittajalle säännöllisesti ennusteita tulevista tarpeista. Yhteistyöllä saadaan lyhennettyä toimitusaikoja ja nopeutettua toimitusrytmiä. Myös aliurakoitsijoilta on saatava jatkuvasti tietoa heidän menekkiennusteistaan. Varastoja ja kulutusta on valvottava jatkuvasti. Seuraaminen, suunnittelu ja prosessin suuntainen yhteistyö ovat parhaita keinoja sekä parantaa palvelukykyä että pienentää varmuusvarastoja. Toimimalla japanilaisen JIT-periaatteen (*Just In Time*), mukaan voidaan välttää prosessin sisäisten varastojen tarve. JIT-ohjauksen edellytyksenä on tasainen materiaalivirta ja virheetön toiminta. Tästä käytetään nimitystä imuohjaus, jossa minimoidaan keskeneräisen työn määrä ohjaamalla kutakin edeltävää tuotantovaihetta kiinteästi pieniksi mitoitetuin sisäisin tuotantotilauksin.²

¹ Sakki, Jouni, *Logistinen prosessi: Tilaus-toimitusketjun hallinta*.

² Haapanen, *Logistiikka osana strategista johtamista*.

Erilaiset ostopaikat, kuljetusetäisyydet, eripituiset toimitusajat ja menekin äkilliset vaihtelut, voivat aiheuttaa varmuusvaraston tarvetta. Sillanrakennuksessa on tavallisesti jatkuvasti muuttuva kulutus ja se vaihtelee hankkeen laajuuden mukaan. Varastomäärien ylläpidon apuvälineeksi on olemassa niin sanottu ostobudjetti. Sen tehtävänä on auttaa sopeuttamaan työmaalle saapuvan puumateriaalin määrä yhteen sillanrakennuksen kulutuksen kanssa. Ostobudjetti kertoo, paljonko ostojen yhteismäärä saa olla, jotta varastotavoitteet toteutuisivat. Siltatyömaan toimintaympäristössä, jossa ei ole mitään tasaista kulutusta ja jossa lähes kaikki muuttuu koko ajan, ei kerran tehdyllä ostobudjetilla pitkälle päästä. Ostobudjetin päivittäminen vaatii viikoittaista huomiota, jotta puumateriaalia ei jouduta varastoimaan lainkaan varmuusvarastoihin.¹

3.2 Kuljetukset

Kun kuljetustavat monipuolistuvat ja tehostuvat, voi yritys vaatia itselleen sopivia palveluja ja niiden helppoa saatavuutta. Materiaalikuljetusten merkitys kasvaa kokoajan ja se vaikuttaa suuresti liiketoimintaan. Ilman toimivaa jakelua ei yritys eivätkä materiaalitoimittajat tule toimeen. Kun yritys ja materiaalitoimittaja ovat tekemisissä saman toimitusketjun kanssa, tulisi kummankin osapuolen ottaa toinen huomioon. Yhteistoiminta parantaa kummankin osapuolen toimintaa ja ratkoo näkemyseroja. Kuljetusten merkitystä voidaan mitata sen synnyttämien kustannusten avulla. Näitä kustannuksia lähdetään usein alentamaan tehostamalla työmaan toimintaa.²

Puumateriaalia kannattaa kuljettaa siltatyömaalle täysinä autokuormina. Jokaisesta tavaratoimituksesta aiheutuvaa erillistä kustannusta ei ole syytä aliarvioida. On pyrittävä selvittämään kuljetuskustannusten suuruus mahdollisimman tarkoin, sillä kysymys ei ole mistään vähäpätöisestä asiasta. Kun materiaali kuljetetaan suurissa erissä vähentyvät kuljetusten määrät ja yleensä myös kustannukset.¹

¹ Sakki, Jouni, *Logistinen prosessi: Tilaus-toimitusketjun hallinta*.

² Haapanen, *Logistiikka osana strategista johtamista*.

Suuremmasta erästä voi "hännät" jäädä helposti varastoon. Kannattaakin miettiä, voitaisiinko tavaraa tilata suurissa erissä ja jakeluttaa se sitten eri siltakohteisiin. Yleensä tavarantoimittajat ovat varautuneet tällaiseen toimitukseen asettamalla erillisen hinnan "pudotuksille". Suuremmalla tilattavalla määrällä saadaan usein materiaalille alhaisempi hinta ja jos rahtia ei veloiteta, niin syntyy silti säästöä, vaikka tavarantoimittaja laskuttaisikin erikseen ylimääräisistä "pudotuksista". Säästöä syntyy kun sisäiset kuljetukset vähenevät.

Tilaus-toimitusketjun hallinta on edellytys työmaan hyvinvoinnille. Tavara-toimitukset saapuvat oikea-aikaisesti siltakohteelle, ne saadaan suoraan käyttöön ja varastot jäävät pois toimitusketjusta.¹

3.3 Hankinnat

Hankintojen merkitys yritystoiminnassa ja liiketoiminnan johtamisessa on korostunut, koska yritykset keskittyvät ydinliiketoimintaansa entistä enemmän. Hankintatoimi ja ostotehtävät ovat monimutkaistuneet samalla kun ostettavat tuotteet ovat muuttuneet. Hankintatoimi on entistä enemmän suhteiden hallintaa ja yhteistyötä materiaalitoimittajien välillä.¹

Hankintojen uskotaan muuttuvan tulevaisuudessa passiivisesta ostamisesta ennakoivammaksi. Ostotoiminnan tulee seurata entistä tarkemmin työmaan toimintaa ja ottaa lisää vastuuta työmaiden tyytyväisyydestä. Kertaluonteisesta ostamisesta on siirryttävä entistä vahvemmin jatkuvaluonteiseen ostamiseen, jossa ei alennuksilla ja kilpailutuksella pyritä vaikuttamaan hintoihin.¹

Väylähankkeissa on yleensä yksi tilaaja ja rakentaja. Tilaajana voi toimia yksityinen henkilö tai toinen yritys. Urakoitsijan oletetaan toteuttavan hanke sovitun ajan puitteissa. Materiaalien tarve saadaan selville vasta yrityksen ja tilaajan sovittua projektin sisällöstä. Tarpeet muuttuvat projektin edetessä, joten tästä syystä materiaalien hankintaa joudutaan uudelleen suunnittelemaan, kun sopimus työn suorittamisesta on tehty. Tämä tietää lyhyitä varoitusaikoja materiaalitalauksille ja niiden toimituksille.¹

¹ Haapanen, *Logistiikka osana strategista johtamista*.

Puumateriaalia pitäisi saada oikea määrä, oikeaan paikkaan ja vielä oikeaan aikaan. Ostajalla tulee olla kyky luoda edellytykset kulutusrytmin mukaiselle materiaalivirrälle. Ostomääristä ja -hinnasta sovitaan suurempina kokonaisuuksina koko yritystä koskevaksi ja toimitukset tahdistetaan työmaan menekin mukaan siltakohteille.¹

Logistisen prosessin toteuttamista muuttaa tilausten tahdistaminen. Tavarat pyritään saamaan valmistuspisteestä suoraan käyttökohteeseen. Kun tiedetään, milloin materiaaleja tilataan lisää, on samalla selvittävä paljonko sitä tilataan. Tulisi olla selvillä siitä, minkälaista perusmallia menekki on työmaalla noudattanut. Ostomääriä voidaan siten suunnitella ennakkoon. Apuna voidaan käyttää varastojärjestelmää, joka kertoo, milloin tilaukset tulee tehdä sekä mitä materiaaleja ja kuinka paljon on hankittava. Suunnitelmia joudutaan tarkastelemaan usein uudelleen ja muuttamaan, jotta ostetun ja käytetyn materiaalin tasapaino säilyisi. Koska siltatyömaiden puumateriaaliin kohdistuva menekki ei seuraa mitään tasaista kulutusta, tähän on kiinnitettävä erityistä huomiota.¹

Jotta puumateriaali saadaan liikkumaan oikea-aikaisesti, joudutaan välittämään paljon tietoa jokaista tavarankuljetuksen kohden. Tietojen käsittelyn ja välittämisen parantaminen on tärkeää siinä, missä uusien tekniikoiden hyödyntäminen tavaroiden käsittelyssä ja kuljettamisessakin. Nopea ja virheetön tiedonkulku on edellytys nopealle ja oikealle tavarantoimitukselle.¹

Hankinnan kehittäminen tapahtuu pienin askelin, mutta olennaista on saada sen tärkeys ymmärretyksi myös muilla yrityksen osastoilla. Hankintaverkostoa on kyettävä arvioimaan ja toimintaa on tehostettava laadun ja tason siitä kärsimättä. Hankinnan päätökset vaikuttavat oleellisesti siihen, tarvitaanko työmaalla varastoa vai ei.²

3.4 Suunnittelu

Pelkkä loppujakelun hallinta ja kustannustarkastelu eivät enää riitä, vaan johtaminen ja strateginen suunnittelu on ulotettava tarkastelemaan kaikkia jakeluun liittyviä osia, tarpeesta ostoihin, tuotantoon ja sisäisiin kuljetuksiin.³

¹ Sakki, Jouni, *Logistinen prosessi: Tilaus-toimitusketjun hallinta*.

² Haapanen, *Logistiikka osana strategista johtamista*.

³ Haapanen, *Logistiikka osana strategista johtamista*.

Oston avuksi on suunniteltava materiaalien käyttöä ennalta. Suunnittelutyön tuloksena tulisi saada tarkempia tietoja siitä, millaista puumateriaalia ja minkä verran tarvitaan. Jokainen uusi silta on tällä hetkellä maassamme hieman erilainen, joten kaikkien siltojen tukiteline- ja muottisuunnitelmat tulisi käydä läpi ennen materiaalien tilausta. Se, että tiedetään millaista materiaalia halutaan, ei riitä, vaan on tiedettävä myös tarkka menekki kullekin sillalle. Suunnitelmista käy ilmi muottilaudan pituusvaatimus, joka muotoutuu muottia tukevan koolauksen jaon perusteella. Kun tämän laudan mitta ja muotin pinta-ala poimitaan etukäteen suunnitelmista, saadaan menekki ja voidaan tilata puumateriaalin toimittajalta suoraan määrämittaista lautta tarvittava määrä. Ennakkosuunnittelussa tulee ottaa huomioon kuljetukset ja menekin vaikutus niihin. Tämän avulla ostaja osaa tilata materiaalia oikean määrän, oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan.

Siltasuunnittelussa voidaan vaikuttaa materiaaleihin ja niiden menekkiin. Suomen sillat ovat pääsääntöisesti yksilöitä, jokainen on erilainen. Muualla Euroopassa, jopa tietä käännetään, kunhan silta saadaan suoraan kulmaan toiseen tiehen nähden. Näin lyhennetään sillan pituutta ja vältetään kaarevia ja vinoja muotoja, jotka aiheuttavat materiaalihukkaa niin betonin, raudan kuin puunkin osalta. Pienet kehäsillat voisi suunnitella samanlaisiksi, jotta niille pystyttäisiin kehittämään paremmin kierrättyvä muotti- ja tukitelinekalusto. Siltasuunnittelussa on paljon muitakin kohtia, joihin puuttumalla voisi eri materiaalien menekkejä pienentää.

4 ESIMERKKIHANKKEEN LÄPIKÄYNTI

Skanska Infra Oy:ssä tähän asti käytössä ollut tapaa puumateriaalien tilaukseen, kuljetukseen ja varastointiin siltatyömaalla pyrittiin selvittämään esimerkkihankkeen E18 Lohja-Lohjanharju -väylähankkeen toteutuneiden tietojen pohjalta. Osuuden rakentaminen aloitettiin tammikuussa vuonna 2004 ja uusi moottoritieosuus Lohjan ja Lohjanharjun välillä avattiin liikenteelle 15.12.2005.



Kuva 8. E18 Lohja-Lohjanharju -väylähankkeen kartta.¹

Esimerkkihankke oli n. 25 km pitkä alue, jossa kunnostettiin valtatie 25 Lohjan keskustan ja Mäntynummen välillä nelikaistaiseksi, sekä lisäksi rakennettiin uutta moottoritietä E18, Lohjalta Lohjanharjulle. Siltoja työmaa-alueella oli 29, joista 2 oli korjattavia siltoja, ja loput 27 uusia. Kehäsiltoja oli yhteensä 11 kpl, jännitetyjä siltoja 10 kpl ja 5 kpl ulokelaattasiltoja ja yksi hirvisilta (siltatyyppit esitelty liitteessä 1). Siltojen sijainnit työmaalla on esitetty liitteessä 2. Kaikki hankkeen sillat kuuluivat Skanskan urakkaan. Materiaalien hankkiminen ja kuljetus kuului pääurakoitsijalle. Siltojen telineitä ja muotteja oli rakentamassa kaksi aliurakoitsijaa joiden kesken sillat oli jaettu. Pääasiallisena muottimateriaalina käytettiin raakaponttia ja tukitelineissä erilaista puutavaraa. Näiden materiaalien logistiikkaa työmaalla lähdettiin selvittämään.

¹ www.tiehallinto.fi

4.1 Siltayksikön toimintatapoja esimerkkihankkeella

Työmaan toimintaa lähdettiin selvittämään haastattelujen avulla. Esimerkkihankkeen työnjohtajilta kysyttiin hankkeen sisäisistä kuljetuksista ja niiden merkityksestä. Lisäksi kyseltiin mielipiteitä ja parannusehdotuksia työmaan toimintaan liittyen. Muotti- ja tukitelinemateriaalien hankinnasta ja varastoinnista saatiin tietoa työmaapäälliköiltä. Aliurakoitsijoilta kyseltiin samoja asioita kuin työnjohtajiltakin ja lisäksi heiltä saatiin rakentajan näkemys asiaan.¹

Työmaalta kertyneestä aineistosta saatiin kaikki tieto materiaalien hinnoista hankkeen aikana. Ne kävivät ilmi laskuista ja rahtikirjoista. Suunnittelijoiden laatimista määräluetteloista saatiin menekit muotti- ja tukitelinemateriaaleille, mutta muottimateriaalien menekki laskettiin telinesuunnitelmista uudelleen. Siltojen telinesuunnitelmista saatiin laskettua tarkemmat, lähempänä totuutta olevat menekit ja ne käytiin kaikki läpi. Esimerkkihankkeen 27 sillasta 26 sillassa oli puinen tukiteline.²

Työmaan työnjohtajilta ja aliurakoitsijoilta kyseltiin työmaalla käytetyistä toimintatavoista, miten materiaalia toimitettiin työkohteeseen ja miten sitä siirrettiin työmaalla. Kyselyn perusteella saatiin selville, ettei Skanskalla ollut mitään toimintaohjetta liittyen materiaalien tilaukseen tai toimitukseen työmaalle. Työmaa oli toiminut sillä hetkellä parhaaksi katsomallaan tavalla. Edelleen kyselyllä saatiin selville, että hankkeessa oli käytetty työmaa-alueella sijainneita varastoja. Varastot sijaitsivat keskeisillä paikoilla siltapaikkoihin nähden ja näistä varastoista oli jaettu tarvittava määrä puuta siltapaikoille. Aliurakoitsijoiden mukaan, heille oli materiaaleja toimitettu aina tarpeen mukaan, mutta materiaalivalinnasta oli päättänyt työmaapäällikkö. Haastatteleamalla työmaapäällikköä, saatiin selville, että hän oli ostanut muottimateriaalia työmaalle silloin kun työmaamestarit olivat sitä pyytäneet ja materiaalivalintaan oli vaikuttanut vain halpa hinta.¹

¹ Haastattelut: väylähankkeen työntekijät

² LOLO-väylähankkeen tiedostot

Työmaalta kertyneen aineiston pohjalta selvisi vaiheet, jotka muottimateriaali kävi läpi prosessissa toimittajalta työmaalle ja sieltä eteenpäin. Toimintoja olivat mm. purku ja lastaus sekä kuljetus. Näiden perusteella luotiin kuvaa puumateriaalien logistisista ketjuista, joita esiteltiin kuvaajassa 1 (s.27).¹

Työmaalle oli tilattu tavaraa suoraan toimittajilta siltakohteelle tai varastoalueelle, tämä kävi ilmi puumateriaalitoimittajan laskuista ja sitä tuki myös työmaapäällikön haastattelu. Puutavaran kuljetus varastoon kuului suurimmaksi osaksi tavaran toimittajalle ja työmaan sisäiset siirrot teki työmaalla oleva kuljetusurakoitsija, jolle kuului muitakin työmaalla tapahtuneita tavaran siirtoja.¹

Kuljetusurakoitsijan ajopäiväkirjoista saatiin selville, että siltapaikalla käyttämättä jäänyt materiaali kuljetettiin takaisin varastoon tai seuraavalle siltapaikalle. Sillasta purettu tukitelinemateriaali, joka yleensä on uudelleen käytettävissä, oli putsattu pääsääntöisesti jo purkupaikalla.¹

Työmaapäällikön haastattelun mukaan, putsattavaa puutavaraa oli jouduttu siirtämään muualle, pois siltapaikalta, tilanpuutteen tai siltapaikalla olevan liikenteen takia. Puumateriaali, jota ei enää käytetty uudelleen, kuljetettiin puutavarasta kiinnostuneiden paikkakuntalaisten omiin tarpeisiin kuljetusurakoitsijan toimesta. Pääsääntöisesti tämä materiaali oli muotista purettua lautta, mutta myös tukitelineistä purun seurauksena vaurioitunutta materiaalia. Kaatopaikoille ei puuta oltu kuljetettu, joten jätekustannuksia ei niistä ole syntynyt.^{1,2}

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

² Haastattelut: väylähankkeen työntekijät

Seuraava kuvasarja (kuvat 9-12) kuvaa sillan muotin ja tukitelineen purkua:



Kuva 9. Sillan purkutyö, tukitelineen poisto



Kuva 10. Sillan purkutyö, tukitelineet on poistettu



Kuva 11. Sillan purkutyö, muotin ja telineen irrotus



Kuva 12. Sillan purkutyö, syy miksi kierrätysmahdollisuus pienenee

Viimeinen kuva 12 osoittaa hyvin sen syyn miksi tukitelinemateriaalin uudelleenkäyttöprosentti jää pieneksi. Tällaisella purkutavalla vahingoitetaan materiaaleja ja se lisää kustannuksia.

Puumateriaalin siltakohtainen menekki oli laskettu suunnittelussa. Laskutuksesta kävi ilmi, että käytännössä materiaaleja kuljetettiin siltakohteisiin kulutuksen mukaan useina eri toimituksina. Osa muottilaudasta tilattiin sekamittanipuissa ja osa määrämittaisena. Muottimateriaalina käytettiin raakaponttia, jotta tilaajan vaatima ulkonäkö betonipinnalle saavutettiin. Materiaalia oli toimitettu silloille joko päätypontattuna tai ilman päätyponttia.¹

Pyöreissä pilareissa käytettiin valmismuotteja, joiden sisäpinnalla oli lasikuituun painettu lautakuvio ja näin niihinkin saatiin tilaajan vaatima ulkonäkö. Näitä muotteja käytettiin 11 sillan pilareissa. Vanerin käyttö oli harvinaista jo pelkästään tilaajan vaatimusten takia. Useimpien siltojen tukitelineiden korkeudet ovat olleet matalia ja siksi niissä on käytetty puista tukitelinettä. Terästukitelineitä käytettiin kahdessa sillassa, toisessa sillassa tähän ratkaisuun päädyttiin, koska puumateriaalin mitta ei enää riittänyt.¹

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

Toinen silta oli kuvassa 13 näkyvä Hirvisilta. Tässä sillassa muottia tuki teräksiset tukitornit ja muottina käytettiin ns. murtoviivamuottia, jotta saatiin aikaan holvin kaareva muoto. Muottimateriaalina oli liimapuulevy, jota pystytettiin käyttämään useaan kertaan. Tukitornit oli rakennettu teräksisten palkkien varaan ja koko rakennelmaa pystytettiin purkamatta siirtämään eteenpäin.¹



Kuva 13. Hirvisillan muotti

Hirvisilta muodostuu kahdesta erillisestä kaarevasta kulkuaukosta, joiden läpi moottoritien liikenne kulkee. Väliseinän muottina toimi kuvassa 14 näkyvä, siirrettävä suurmuotti. Muotin pinnalle oli asennettu rimointus, jolla saatiin aikaan kuviointi seinän betonipinnalle.¹



Kuva 14. Hirvisillan keskiosan muotti

Kuvassa 14 näkyy tällaisen muotin asentamiseen vaadittava miesvahvuus ja nostokalusto. Kaksi rakennusmiestä kiinnittivät muotin, trukki avusti muotin saamista paikoilleen ja nosturi siirsi muotin uuteen kohtaan.

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

Yhteenvetona materiaalien tilaukseen, toimitukseen ja varastointiin esimerkkihankkeella, voidaan todeta, että materiaali oli tilattu työmaalle tarpeen mukaan tai suurina erinä varastoalueelle. Materiaalin toimitus työmaalle oli kuulunut tavarantoimittajalle. Materiaalin jakeluun, varastolta silloille, on käytetty kuljetusurakoitsijaa. Nostoja ja kuljetuksia ei ennakoon suunniteltu vaan niitä oli toteutettu tilanteiden mukaan. Samaa periaatetta oli käytetty tavarankuljetuksiin.

4.2 Esimerkkihankkeella syntyneet kustannukset

Tutkimustyön perustana oli insinöörityön ohjaajana toimineen Pentti Ovalon laatima kustannusvalvontataulukko esimerkkihankkeen silloista (liite 6). Kustannusvalvontataulukon tiedot hän on kerännyt hankkeen edetessä laskutusaineistosta ja taulukon sisältö on määräytynyt hankkeella käytetyn laskutuksen litteroinnin sääntöjen mukaan. Litterat 1-0 ovat suoraan sillan rakentamisesta ja materiaaleista aiheutuneita kustannuksia ja litterat 8000-9999 kertyvät työmaan ylläpidon ja toiminnan aiheuttaneista kustannuksista. Siltojen kokonaiskustannukseksi syntyi kustannusvalvonta-tilin perusteella 10 116 000 €.

Tästä kustannusvalvontataulukosta on poimittu tutkimukseen liittyneet kohdat taulukkoon 1. Ne ovat litterat 3 ja 4 sekä littera 8180, joka sisältää työtelinien kustannukset, littera 8320, joka sisältää työmaan nostot ja littera 8360, joka sisältää työmaan sisäiset siirrot (kuljetukset).¹

Taulukko 1. Ovalon kustannusvalvontataulukosta tehdyt poiminnot¹

LOLO	Toteutuneet kustannukset	
		Kustannus (€)
Muotti- ja telinetyöt		2 041 968
	Hiltunen	771 538
	EP-Kehä	369 805
	Skanska Tekra	223 000
	Tak-Plan	15 850
	Perhemies purkutyö	337 772
	sisäiset siirrot	197 800
	Muut	126 203
Muotti- ja telinemat eriaalit		934 458
	Doka (hirvisilta)	136 018
	Peri (terästukiteline)	89 133
	Finn-Form (pilarimuotit)	51 109
	Puukeskus	503 475
	Muut (teräspalkit)	151 670
	Muut telineet	3 053
Nosturit		102 353
Sisäiset siirrot	Ei Perhemies	168 034
	YHT.	3 246 813

¹ Pentti Ovalo, Kustannusvalvontataulukko. Liite 6

Taulukon 1 ensimmäisessä osiossa on eritelty muotin ja tukitelineen rakentamisesta ja purkamisesta aiheutuneet kustannukset. Seuraavassa kohdassa on eritelty materiaaleista aiheutuneet kustannukset. Lisäksi on poimitu nostoihin ja sisäisiin siirtoihin kohdistuneet menot. Nämä eroteltiin alkupe-
räisestä kustannusvalvontataulukosta, koska näitä kustannuseriä avaamalla saadaan käsitys siitä mitkä asiat vaikuttavat siltatyömaan peruskustannusten syntyyn ja voidaanko niihin vaikuttaa. Näiden litteroiden aiheuttamat kustannukset olivat kustannusvalvontataulukon perusteella 3 246 813 €. Summa on noin 32 % kaikista siltoihin kohdistuneista kustannuksista.

Taulukkoa 1 lähdettiin avaamaan tallennettujen laskutustietojen perusteella, koska haluttiin tarkempi kuva kustannusten synnystä.¹ Seuraavissa luvuissa 4.1.1 ja 4.1.2 on esitetty muottimateriaalien ja tukiteline-materiaalien kustannukset esimerkkihankkeella. Luvussa 4.1.3 käsitellään hankkeen sisäiset kuljetukset ja nostot.

¹ Pentti Ovalo, *Kustannusvalvontataulukko*. Liite 6

4.2.1 Muottien kustannukset

E18 Lohja-Lohjanharju -väylähankkeessa (LOLO) käytettiin kannen muottimateriaalina raakaponttia, paitsi hirvisillassa, jonka muottina toimi puusta valmistettu liimapuulevy. Pyöreissä pilareissa käytettiin teräksistä valmis-
muottia, mutta muutamassa sillassa oli erikoisempia välitukia ja niissä käytettiin lautamuottia. Maatukien ja anturoiden muotteihin ja tukitelineisiin käytettiin ainoastaan puuta. Hankkeen laskutustiedoista on kerätty taulukkoon 2 LOLO:n siltojen puumateriaalien kustannukset materiaalitoimittajan rahti- ja laskutustiedoista.¹

Taulukko 2. Lohja-Lohjanharju -väylähankkeelta kerätty tieto puumateriaalien kustannuksista silloilla¹

Puumateriaalit yhteensä	503 400 €
Raakapontti	118 450 €
Pelkat	21 750 €
Tolpat, soivot ja laudat	363 200 €

Puumateriaalitoimittajan laskujen perusteella puutavaraa on toimitettu työmaalle 503 400 € edestä. Kustannus on taulukossa 2 jaettu eri puulaaduille, koska haluttiin selvittää muotin ja tukitelineen kustannukset erikseen. Pääasiallisesti käytetty muottimateriaali, raakapontti, käsittää noin 23,5 % kaikista puumateriaalikustannuksista. Tukitelineisiin käytetyt tolpat, soivot ja laudat käsittävät peräti 72 % kustannuksista. Pelkat, joiden kustannus oli pienin, otettiin myös erikseen.¹

Seuraavaksi selvitettiin miten muottimateriaalin kustannus ja menekki kohtasivat hankkeen alussa suunniteltuihin arvoihin ja nämä käytiin läpi jokaisen sillan osalta. Taulukkoon 3 on kerätty raakapontin materiaali-menekki ja -kustannukset silloittain. Hankkeen laskutuksen litterointitietojen perusteella saatiin kerättyä taulukkoon 3 muottikustannussarakkeeseen "Toteutuneet" kustannustiedot eri silloilta. Tämän toteutuneen kustannuksen avulla laskettiin toteutunut muottineliömäärä jokaiselle sillalle.¹

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

Materiaalin toteutuneita menekkitietoja on verrattu, muottineliöiden sarakkeessa "Laskettu" telinesuunnitelmista laskettuihin menekkitietoihin. Tälle suunnitelmista lasketulle materiaalmäärälle on laskettu kustannukset samoilla puutavaran metrihintatiedoilla kuin toteutuneelle materiaalille, muottikustannus-sarake: "Laskettu".¹

Taulukko 3. Siltojen muottimateriaalit¹

Silta	Muottineliöt (m ²)			Muottikustannus (€)		
	Laskettu	Toteutunut	Ero (m ²)	Laskettu	Toteutunut	Ero (€)
S 108	1 400	2 036	636	3 094	4 500	1 406
S 109	1 613	1 890	277	3 565	4 176	611
S 111	800	950	150	1 768	2 100	332
S 112	690	1 038	348	1 525	2 295	770
S 113	1 347	2 353	1 006	2 977	5 200	2 223
S 114	4 855	6 450	1 595	10 730	14 255	3 526
S 115	1 846	3 662	1 816	4 080	8 092	4 012
S 116	1 240	1 584	344	2 740	3 500	760
S 118	679	905	226	1 501	2 000	499
S 119	1 704	2 489	785	3 766	5 500	1 734
S 121	3 004	4 498	1 494	6 639	9 940	3 301
S 123	5 880	649	-5 231	12 995	1 434	-11 561
S 131	505	1 357	852	1 116	3 000	1 884
S 132	625	808	183	1 381	1 787	406
S 133	400	1 241	841	884	2 742	1 858
S 200	514	679	165	1 136	1 500	364
S 201	2 563	4 082	1 519	5 664	9 022	3 357
S 202	2 832	3 068	236	6 259	6 780	521
S 203	930	1 364	434	2 055	3 015	960
S 204	3 647	4 018	371	8 060	8 879	819
S 205	1 370	1 501	131	3 028	3 317	289
S 206	420	633	213	928	1 400	472
S 207	730	905	175	1 613	2 000	387
S 208	390	1 105	715	862	2 441	1 579
S 209	890	974	84	1 967	2 154	187
S 210	710	1 176	466	1 569	2 600	1 031
S 211	1 080	2 181	1 101	2 387	4 819	2 432
YHT.	42 664	53 596	10 932	94 287	118 447	24 160

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

Toteutuneiden kustannusten perusteella huomataan, että muotin materiaa-
limenekki kasvoi n. 25 prosentilla laskennanaikaisesta ja tämä nosti muotti-
kustannuksia 24 160 €. Muottineliöt sarakkeen "Ero" mukaan, kun tulos on
positiivinen on sillalle mennyt enemmän muottimateriaalia kuin mitä lasken-
nallisesti siihen olisi pitänyt mennä. Näin on käynyt lähes jokaisella siltakoh-
teella.

Seuraavaksi lähdettiin kartoittamaan hukan hintaa ja sitä mistä se muotou-
tuu. Hankkeen laskutustiedoista kävi ilmi, että raakaponttia oli ostettu pääty-
pontattuna tai ilman päätyponttia. Seuraavassa taulukossa 4 on kustannuk-
set jaettu raakaponttilaadun perusteella. Lisäksi laskutustiedoista selvisi yk-
sikköhinnat eri raakapontti laaduille. Tätä tietoa tarvitaan kun lähdetään las-
kemaan muutettujen malliehdotusten (luvut 6.1 ja 6.2) kustannuksia.¹

Taulukko 4. Lohja-Lohjanharju -väylähankkeen siltamuoteissa käytetty raakapontti¹

Raakaponttilaatu	Kustannus	Yksikköhinta
Päätypontattu	12 128 €	0,31 €/m
Ilman päätyponttia	106 322 €	0,21 €/m
Yhteensä	118 450 €	n. 0,22 €/m

Päätyponttatun raakapontin metrihintaa oli 0,10 € kalliimpaa kuin mitä ilman
päätyponttia. Päätyponttatusta laudasta ei syntynyt hukkaa, koska sen voi
jatkaa myös tukien välissä. Tavallista lautaa käytettäessä jatkos täytyy tehdä
aina tuen kohdalla.

Seuraavassa taulukossa 5 on esitetty raakapontin ostettu määrä neliöinä, joka saatiin puumateriaalitoimittajan laskutustiedoista (taulukko 4 s. 30) sekä laskettumäärä, joka saatiin laskemalla neliöt telinesuunnitelmista (taulukko 3 s. 29).¹

Taulukko 5. Raakapontin neliöt¹

Raakaponttia	Laskettumäärä	Ostettumäärä	Ero
	42 664 m ²	53 596 m ²	10 932 m ²

Lasketun ja ostetun määrän erotus on katsottu suoraan syntyneeksi hukaksi, jonka oli aiheuttanut päätypontittoman laudan käyttö. Taulukoiden 4 ja 5 perusteella laskettiin raakapontille neliöhinnaksi 2,21 €/m², joten laudan, jossa ei päätyponttia ollut, hukan hinnaksi saatiin 24 160 €, joka käy ilmi myös taulukosta 3 (s. 29).

4.2.2 Tukitelineiden kustannukset

Tukitelineiden kustannuksia esimerkkihankkeella lähdettiin selvittämään samaan tapaan kuin muottimateriaalienkin kustannuksia. Puihin tukitelineisiin käytettiin rahaa laskutustietojen perusteella 363 181 €, hintaan sisältyi tukitelineet ja työtelineet 27 sillan osalta. Taulukossa 6 on puisten tukitelineiden tiedot kerätty silloittain. Tukitelineiden kuutiot saatiin suunnittelijoiden määrälaskelmista, joita oli tehty ennen hankkeen aloitusta. Näitä määriä on verrattu toteutuneisiin tukitelinemateriaalimääriin, jotka saatiin puumateriaalitoimittajan rahti- ja laskutustiedoista.¹

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

Taulukko 6. Siltojen tukitelinemateriaalit¹

Silta	Tukitelinekuutiot			Tukitelinekustannukset		
	Laskettu	Toteutunut	Ero	Laskettu	Toteutunut	Ero
S 108	987	1 466	479	4 244	6 306	2 062
S 109	3 840	2 910	-930	16 512	12 512	-4 000
S 111	2 075	2 680	605	8 923	11 523	2 600
S 112	2 274	991	-1 283	9 778	4 263	-5 516
S 113	3 240	2 081	-1 159	13 932	8 949	-4 983
S 114	6 940	6 775	-165	29 842	29 132	-710
S 115	6 576	2 432	-4 144	28 277	10 456	-17 821
S 116	7 060	7 144	84	30 358	30 717	359
S 118	510	84	-426	2 193	360	-1 833
S 119	960	2 405	1 445	4 128	10 344	6 216
S 121	10 815	6 115	-4 700	46 505	26 295	-20 210
S 123	10 560	1 545	-9 015	45 408	6 642	-38 766
S 131	320	1 035	715	1 376	4 452	3 076
S 132	340	628	288	1 462	2 700	1 238
S 133	1 096	512	-584	4 713	2 200	-2 513
S 200	306	858	552	1 316	3 689	2 373
S 201	11 240	10 097	-1 143	48 332	43 419	-4 913
S 202	6 930	11 262	4 332	29 799	48 428	18 629
S 203	644	2 373	1 729	2 769	10 203	7 433
S 204	14 522	12 534	-1 988	62 445	53 895	-8 549
S 205	4 390	2 135	-2 255	18 877	9 182	-9 695
S 206	240	370	130	1 032	1 592	560
S 207	2 580	586	-1 994	11 094	2 520	-8 574
S 208	1 092	421	-671	4 696	1 810	-2 886
S 209	480	2 063	1 583	2 064	8 870	6 806
S 210	500	2 241	1 741	2 150	9 638	7 488
S 211	690	717	27	2 967	3 084	117
YHT.	101 207	84 461	-16 746	435 190	363 181	-72 009

Kun kaikkien siltojen toteutuneet tukitelinekuutiot laskettiin materiaaliostotietojen perusteella, saatiin tulokseksi 84 461 m³. Tästä voidaan laskea puisen tukitelineen kuutiohinnaksi 4,3 €/m³, jakamalla tukitelineiden kustannukset saadulla yhteiskuutiomäärällä.

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

Tukitelineissä käytettyjen materiaalien kiertoa työmaalla ei saatu tarkasti selville, joten hukan arvioiminen oli hankalaa. Taulukosta 6 voidaan kuitenkin erotella ne sillat, joille kaikki tukitelinemateriaali ostettiin ja ne joille tuotiin kierrätettyä tavaraa. Tietojen perusteella jokaiselle sillalle on ostettu uutta tukitelinemateriaalia. Taulukon 6 mukaan 14 sillalle on kaikki materiaali ostettu (ero positiivinen) ja 13:lle materiaalia on tuotu myös muilta silloilta (ero negatiivinen).¹

Kun taulukon 6 tukitelineiden toteutuneet kuutiomäärät ovat suurempia kuin lasketut, on mahdollista, että näille silloille on materiaalia kuljetettu enemmän kuin todellinen tarve on ollut. Tämä on aiheuttanut työmaalle lisää materiaalin siirtoihin kohdistuneita kustannuksia. Taulukko 6 osoittaa myös, että työmaa on pystynyt kierrättämään tukitelinemateriaalia silloilla paremmin kuin laskennan aikana on suunniteltu. Tämä käy ilmi siitä, että ostettu kokonaismateriaalimäärä on pienempi kuin suunniteltu. Tästä on syntynyt säästöä taulukon 6 mukaan 72 009 €.¹

Kun puisten tukitelineiden materiaalihinnat oli selvitetty lähdettiin tutkimaan esimerkkihankkeella käytettyjen teräksisten tukitelineiden kustannuksia. Silan S114, jonka tukitelineenä käytettiin teräksisiä tukitorneja, kustannus, joka sisälsi materiaalit, asennuksen, purkutyön sekä kuljetukset, oli yksinään noin 89 133 €, joten sen kuutiohinnaksi tuli 8,5 €/m³. Nämä hintatiedot on poimittu suoraan telinetoimittajan sopimuksesta. Vertailtaessa teräksisen ja puisen tukitelineen kustannuksia esimerkkihankkeella, osoittautui teräksinen ratkaisu 1,8 €/m³ edullisemmaksi. Puiselle materiaaliveikotiedolle saatiin aiemmin laskettu puolet halvempi hinta 4,3 €/m³. Puisen tukitelineen pystytyshinta oli aliurakoitsijoiden sopimusten mukaan 2,1 €/m³ ja kun sen lisäksi otetaan mukaan purkutyön hinta 3,9 €/m³, saadaan yhteiskustannukseksi 10,3 €/m³. Puinen tukiteline täytyy käytön jälkeen vielä putsata ennen kuin sen voi uudelleen käyttää, joten teräksinen tukiteline on hintataistossa vähintään 1,8 €/m³ edullisempi.¹

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

4.2.3 Kuljetuksien ja nostojen kustannukset

E18 Lohja-Lohjanharju -väylähankkeessa sisäisille kuljetuksille kertyi kustannuksia 365 900 € (taulukko 1, s. 26). Tähän sisältyy puumateriaalin kuljetukset varastolta siltakohteille sekä sillalta sillalle. Kuljetuksia tarkasteltiin lähemmin tutkimalla aliurakoitsijana toimineen kuljetusliikkeen laskuja ja niiden liitteinä olleita ajopäiväkirjoja. Taulukossa 7 on sisäiset kuljetukset eroteltu aliurakoitsijana toimineen kuljetusurakoitsijan ja muiden kuljetusten kesken. Muut kuljetukset työmaalla sisältävät työmaakoppien yms. siirtoja.¹

Taulukko 7. Lohja-Lohjanharju -väylähankkeen sisäiset kuljetukset¹

Kuljetukset yhteensä	365 900 €
Kuljetusurakoitsija	197 800 €
Muut	168 100 €

Tieto kuljetusten kustannuksista saatiin laskutustiedoista ja niiden avulla eroteltiin kuljetusurakoitsijan osuus muista kuljetuksista. Kuljetusurakoitsijan osuus on pelkkää sisäisten siirtojen aiheuttamaa kustannusta.

Puumateriaalitoimittajan laskujen mukaan työmaalle tilattiin puutavaraa suurina määrinä yleensä varastoalueelle, josta kuljetusurakoitsija kuljetti sen siltakohteille tarpeen mukaan. Suurille silloille tavara tilattiin suoraan siltapaikalle. Ylijäävää puuta siirrettiin, työmaamestareilta saadun tiedon mukaan, edelleen seuraavalle siltakohteelle tai takaisin varastoon. Suurimman osan puumateriaalien kuljetuksista hoiti kuljetusurakoitsija.^{1,2}

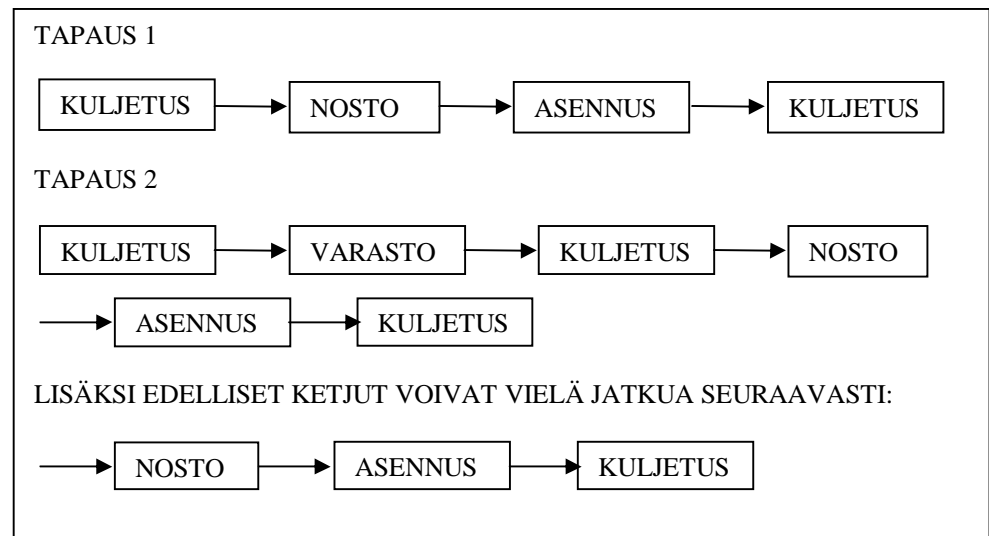
Toimituserän koko vaikuttaa kuljetuskustannuksiin. Jotkut tavarantoimittajat, kuten LOLO-väylähankkeessa, eivät veloittaneet rahtimaksua lainkaan, silloin, kun tilaus oli koko rekan suuruinen. Normaali rahtimaksu laskujen perusteella oli 30 €/kuljetus, matkasta riippumatta. Tämä kävi ilmi puumateriaalitoimittajan laskuista.¹

Seuraavaksi lähdettiin selvittämään mistä kuljetuskustannukset ovat syntyneet. Kuvaajassa 1 on käyty läpi työmaalla tapahtuneet kuljetusketjut. Ketju-

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

² Haastattelut: väylähankkeen työmaamestarit

ja on pystytty selvittämään sekä laskutustietojen että kuljetus-urakoitsijan ajopäiväkirjojen perusteella.¹



Kuvaaja 1. Esimerkkityömaan logistisia ketjuja

Pääketjuja saatiin kolmenlaisia. Tapauksessa 1 tilattu puumateriaali on kuljetettu suoraan siltapaikalle, kustannusta kuljetukselle syntyy 30 €. Seuraavaksi kuorma on purettu työmaalle, johon on tarvittu nosturia, jonka kustannus on ollut n. 500 €/käynti. Asennettu muotti ja tukiteline puretaan betonin kovetuttua ja kuljetetaan pois siltakohteelta, kustannus kuljetukselle 40 €. Tällaisen ketjun hinnaksi tulee 570 €.

Tapauksessa 2 on tavara tilattu ensin varastoalueelle (30 € + 40 €) ja kuljetettu sieltä siltakohteen käyttöön (40 €) ja nostettu sillan kannelle (500 €). Muotin ja tukitelineen purun jälkeen uudelleenkäyttökelpoinen materiaali on putsauksen jälkeen kuljetettu uudelle siltakohteelle tai varastoon (40 €). Tapauksen 2 kuljetuksien ja noston hinnaksi tulee 650 €.

Tapauksessa 3 on tapausta 2 jatkettu siitä, että purettu materiaali on viety toiselle sillalle ja nostettu siellä rakentajien käyttöön (500 €). Tukitelineen ja muotin purun jälkeen on materiaali taas kuljetettu pois siltakohteelta (40 €). Seuraavassa taulukossa 8 on tehty tapausten 1-3 hinnoittelu havainnollisemmaksi, jotta niiden hintaerot tulisivat esille.

Taulukko 8. Logististen ketjujen hinnoittelu

Tapaus	Kuljetus	Nosto	Varastointi	Yhteensä
1	70 €	500 €		570 €
2	110 €	500 €	40 €	650 €
2+3	150 €	1000 €		1 150 €

Ensimmäiselle kuljetukselle on materiaalitoimittajan asettama rahtikustannus 30 €/toimitus ja toiselle kuljetukselle sisäisen kuljetuksen keskimääräinen hinta 40 €/kerta. Varastointialue oli työmaalla, joten siitä ei aiheutunut erillisiä vuokratukustannuksia, mutta tavaran vastaanottoon ja siirtelyyn on varattu 40 € tehtyä toimintoa kohden. Taulukon 8 perusteella saadaan kuva kustannusten suuruusluokasta ja niiden synnystä.¹

Haastatteleamalla työmaamestareita selvisi, että tilattu puumateriaali saapui työmaalle täysperävaunurekalla. Purku tapahtui, joko siltapaikalle tai varastoalueelle, auton omalla nostimella (40 €/h) tai nosturilla (500 €). Nosturin hinta on keskiarvo, joka saatiin laskutustiedoista. Väylähankkeella oli laskutustietojen mukaan käytetty useiden eri yrityksiltä vuokrattuja nostimia ja yrityksillä oli erilaisia hintoja nostoille, kuljetuksille ja osalla oli erillinen hinta kuljettajalle.^{1,2}

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

² Haastattelut: väylähankkeen työntekijät

Nostokaluston vuokrauslaskuista selvisi, että esimerkkihankkeen suurimmilla silloilla nosturi oli monta viikkoa ja sillä nostettiin päivässä aina se mitä tarvittiin. Pienemmille silloille nosturi tilattiin tarpeen mukaan. Kustannuksia syntyi nostojen osalta yhteensä n. 102 000 €. LOLO:n laskutuksesta ei käynyt selville sitä, paljonko tästä summasta oli ns. venttaa eli odotusaikaa ja paljonko varsinaisia nostoja. Työmaamestareilta saadun tiedon perusteella voidaan kuitenkin todeta, että nostojen kustannus pienenisi jos nostot, materiaalikuljetukset ja työn suoritus suunniteltaisiin yhteensopiviksi keskenään.^{1,2}

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

² Haastattelut: väylähankkeen työntekijät

4.2.4 Yhteenveto esimerkkihankkeen puumateriaalien kustannuksista

Taulukkoon 9 on koottu taulukoista 3 ja 6 (s. 29 ja 32), ennakkoon suunniteltujen ja hankkeen aikana toteutuneiden muotti- ja tukitelinemateriaalien kustannukset. Näitä on vertailtu silloittain ja saatu lopputulokseksi tieto, että näihin materiaaleihin on kulunut rahaa vähemmän kuin suunniteltiin. Tämä käy ilmi siitä, että toteutuneet kustannukset ovat pienemmät kuin suunnitellut.

Taulukko 9. Kustannusyhteenveto¹

Silta	Muotti- ja tukitelinemateriaalit		Erotus
	Kustannukset las- kettu yhteensä €	Kustannukset toteu- tunut yhteensä €	
S 108	7 338	10 806	3 468
S 109	20 077	16 688	-3 388
S 111	10 691	13 623	2 932
S 112	11 303	6 557	-4 746
S 113	16 909	14 149	-2 759
S 114	40 572	43 388	2 816
S 115	32 356	18 548	-13 808
S 116	33 098	34 217	1 119
S 118	3 694	2 360	-1 334
S 119	7 894	15 844	7 950
S 121	53 143	36 234	-16 909
S 123	58 403	8 076	-50 327
S 131	2 492	7 452	4 960
S 132	2 843	4 487	1 644
S 133	5 597	4 942	-654
S 200	2 452	5 189	2 737
S 201	53 996	52 441	-1 556
S 202	36 058	55 208	19 150
S 203	4 825	13 218	8 393
S 204	70 504	62 775	-7 730
S 205	21 905	12 498	-9 406
S 206	1 960	2 992	1 032
S 207	12 707	4 520	-8 187
S 208	5 558	4 251	-1 306
S 209	4 031	11 023	6 992
S 210	3 719	12 238	8 519
S 211	5 354	7 904	2 550
YHT.	529 478	481 628	-47 850

Taulukon 3 (s. 29) mukaan muottimateriaaleihin käytettiin 24 160 € enemmän rahaa kuin mitä oli suunniteltu, mutta telinekustannuksissa (taulukko 6, s. 32) säästettiin 72 009 €.

5 KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Seuraavissa alaluvuissa on käyty läpi muutamia materiaalivalintoja, jotka voivat muuttaa kustannusten syntyä siltatyömaalla. Lisäksi on mietitty materiaalien kuljetusten ja nostojen etukäteissuunnittelun vaikutusta kustannuksiin. Kaiken pohdinnan lähtökohtana on käytetty esimerkki-hankkeelta kertyneitä tietoja (vertaa luku 4.2 s. 26).

5.1 Muotit

Raakaponttilauta on hyvä materiaali, koska se edesauttaa saavuttamaan hyvää betonipintaa ilman korjaustyötä. Päätypontatun laudan etu on siinä, että sen saa jatkaa muotissa myös tukien välillä, joten siitä ei synny hukkaa samalla tavalla kuin normilaudasta. Sen hinta on kuitenkin kalliimpi kuin tavallisen raakaponttilaudan ja jos materiaali hankitaan vielä määrämittaisena sen hinta nousee edelleen.

Jos kaikki esimerkkihankkeessa käytetty raakapontti (545 418 m) olisi ostettu päätypontattuna (0,31 €/m), olisi yhteiskustannus raakapontille ollut 169 080 €, tämä olisi esimerkkihankkeella ollut 50 633 € enemmän kuin nyt toteutuneet kustannukset. Tällä toimenpiteellä olisi kuitenkin säästetty hukan osuus 24 160 € (taulukko 5 s. 31). Lisäksi aliurakoitsijan työ helpottuisi kun materiaalia ei tarvitsisi katkoa ja muottityö nopeutuisi, jolla saavutettaisiin lisää kustannussäästöjä.¹

Muottiin käytetyn materiaalin valinta vaikuttaa siis suoraan kustannuksiin. Tällä hetkellä siltojen muottimateriaalina käytetään raakaponttilautaa, mutta tulevaisuudessa muottimateriaalina voitaisiin käyttää enemmän vanerilevyjä, joita pystytään kierrättämään paremmin. Tämä edellyttäisi tilaajan betonipinnalle asettamien vaatimusten muuttamista. Vaneria käytettäessä muottimateriaalikustannus laskee, mutta betonipinnan laatu kärsii. Usein betonipinta on huono ja vaatii jälkikorjauksia, aiheuttaen lisäkustannuksia. Tämä huomattiin esimerkkihankkeen hirvisillassa, jonka pintakorjaustöiden kustannukset olivat suuremmat kuin muilla silloilla. Korjauksien kustannus on otettava huomioon vertailtaessa materiaali kustannuksia.

5.2 Tukitelineet

Tukitelineissä käytettyjä materiaaleja voidaan vertailla hinnan tai kierrätys mahdollisuuksien perusteella. Terästukitornin uudelleenikäyttöprosentti on lähes 100 %, kun taas puiselle tukitelineelle arvioidaan, purkutavasta johtuen, 65 %:n uudelleenikäyttöaste. Puutolppaa voidaan käyttää 2-3 kertaa, jonka jälkeen se on yleensä vaurioitunut liikaa. Terästukitornit maksavat ostettaessa enemmän kuin puu, mutta ne tulevat ajan mittaan halvemmiksi jos niitä ostaa yritykselle omiksi ja käyttää uudelleen useissa eri hankkeissa.

Puun hinnan nousu on nyt vauhdissa, hinta on noussut vuoteen 2007 mennessä yli 100 % siitä mitä se oli vuonna 2004. Tämä tarkoittaa, että terästukitornit alkavat kilpailla samassa hintaluokassa hyvin pian, jopa vuokrattuina. Suomen ongelmaksi terästukitornien asennuksen osalta saattaa muotoutua osaavan työvoiman pula ja osaava työvoima voi täten maksaa enemmän.

5.3 Kuljetukset ja nostot

Kuljetusten suunnittelu ja aikatauluttaminen etukäteen aiheuttaa kustannuksia, mutta vähentää itse kuljetuksien määrää, laskien kustannuksia. Kuten taulukon 8 (s. 36) vaihtoehtoista käy ilmi, on kannattavaa kuljettaa puumateriaali suoraan siltakohteelle, missä sen käyttökin on.

Kuljetusten määriä esimerkkihankkeella selvitettiin muottimateriaalin osalta, jotta saatiin kuva kustannusten suuruudesta. Esimerkkihankkeen muottimateriaalimäärä, joka oli ostettu, jaettiin kuljetuskertojen määrällä. Kuljetuskalustoon mahtuu kerralla keskimäärin 15 nippua määrämittaista ja 12 sekamittaista lautanippua. Yhdessä nipussa on noin 158 m² lautta. Yhteensä kuljetukseen mahtuu tämän perusteella 2 370 m² määrämittaista ja 1 896 m² sekamittaista lautta. Seuraavaan taulukkoon 10 on kerätty kaikkien siltojen telinesuunnitelmista lasketut muottineliöt, sen perusteella on katsottu paljonko syntyisi määrä- ja sekamittaisia lautakuljetuksia ja mitä ne tulisivat maksamaan.¹

Taulukko 10. Muottimateriaalin kuljetukset

¹ LOLO-väylähankkeen tiedostot

Muotti- materiaalit	MUOTTI (m ²)	KULJETUKSIA (kpl)		KULJETUSHINTA (30 €/kerta)	
		Määrämitta	Sekamitta	Määrämitta	Sekamitta
	53 596 m ²	23 kpl	28 kpl	690 €	840 €

Taulukon 10 tietojen perusteella selviää, että muottimateriaalin kuljetukset materiaalitoimittajan tuomana maksaisivat korkeintaan 840 €. Yhteen kuljetukseen mahtuva määrä vaihtelee auton ja puumateriaalin painon mukaan, märkä puu painaa enemmän kuin kuiva.

Taulukossa esitetyt kuljetusmäärät eivät kuitenkaan päde sellaisinaan. Kuljetukseen mahtuu yleensä enemmän materiaalia kuin muottiin yhdellä sillalla tarvitaan, joten joko kuljetus toimitetaan vajaana tai se suunnitellaan niin, että samalla kuljetuksella jaetaan materiaalia useampaan kohteeseen.

Kun määrät lasketaan tarkemmin, hukkaa ja ylimääräistä tavaraa tulee vähemmän. Hukkapaloja ei tarvitse siivota ja kuljettaa pois ja kun yli jäävää materiaalia ei jää, ei sitä myöskään tarvitse kuljettaa seuraavalle kohteelle. Säästöä syntyy vääjäämättä.

Työmaan sisäisten siirtojen määrä laskisi, mutta täytyy muistaa, että sillalle ei välttämättä voi tilata täyttä rekallista materiaalia ja tällöin voi rahdin kustannukset nousta. Useimmilla tavarantoimittajilla on erikseen hinta sille, jos tavaraa joudutaan tiputtelemaan useaan paikkaan (vrt. luku 3). Ongelmana on, että telinesuunnitelmia ei saada ajoissa, jotta niistä voitaisiin laskea tarvittavan materiaalin mitta.

Kuljetusliike, joka on ennen hoitanut puutavaran kuljettamiseen liittyviä sisäisiä siirtoja, tulee tältä osin tarpeettomaksi. Sisäisiä siirtoja syntyy kuitenkin muista materiaaleista kuten tolpiesta, pelkoista, erilaisista työkoneista ja valmiista muoteista ja siivuista, jne. Näitä materiaaleja ja muotteja kuljetetaan, koska niitä voidaan käyttää useamman kerran.

Työkoneet siirretään aina työryhmän edetessä seuraavalle kohteelle. Tarvi- taanko enää kokopäiväistä kuljettajaa vai miten siirtoja jatkossa hoidetaan? Vai muutetaanko vain sopimusta tilaajan ja aliurakoitsijan välillä? Tämä pys- tytään ratkaisemaan vasta kun muut muutokset on toteutettu ja katsottu, hankkeen edetessä, paljonko kuljettajan työmäärä pienenee.

5.4 Siltasuunnitelmien vaikutus

Suunnittelulla sekä telinetyypin ja työmenetelmien valinnalla on suuri merki- tys tukitelinekustannuksiin.¹ Suunnittelijoiden tulee ottaa seuraavat tukite- linekustannuksia nostavat ja laskevat yleisessä tiedossa olevat tekijät huo- mioon:

”Telinekustannuksia nostavia tekijöitä ovat esim.:

- heikko maapohjan kantavuus, jolloin telineet on perustettava paaluille
- vesistösiltojen paalutetut telineet
- korkeat telineet
- tuettavan rakenteen kaarevuus, kaltevuus sekä viisteet.”²

”Telinekustannuksia alentavia tekijöitä ovat esim.:

- mahdollisuus tukea telineet valmiisiin rakenteisiin
- penkereen varaan ilman pystytukia rakennettava telineistö
- siltojen poikkileikkausten vakiointi kokonaishankkeissa, jolloin voidaan käyttää telineen osia useamman kerran.”²

Tukiteline reunapalkin muotille on samankaltainen kaikissa E18 Lohja- Lohjanharju -väylähankkeen silloissa. Reunapalkkien korkeus- ja leveysmitat kuitenkin vaihtelivat eikä niiden tukitelinettä voitu hyödyntää uudelleen kai- kissa silloissa. Jos suunnittelijat suunnittelisivat reunapalkit vakiomittaisiksi myös tukitelineet olisivat samanlaisia. Tukitelineet on helppo irrottaa ja kerä- tä talteen seuraavia kohteita varten. Siltojen suunnitteluun kannattaa siis puuttua tässä kohtaa jos mahdollista.

¹ RIL 179, *Sillat*.

² Tielaituksen julkaisu: *Siltojen tukitelineet*.

Toinen tapa säästää kustannuksissa on se jos Suomessakin lähdettäisiin siltasuunnittelussa samalle linjalle kuin muualla Euroopassa rakentamalla sillat kohtisuoriksi poikkeavaan väylään nähden. Suorasti ylittävän sillan pituus on lyhyempi kuin vinosti ylittävän ja tästä on seurauksena pienemmät materiaallimenekit. Standardisoimalla siltojen muotoja on helpompi kehittää järjestelmämuoteilla paremmin kierrättyviä tukitelineratkaisuja. Tämä on kuitenkin kiinni tilaajasta, Skanska Infra Oy:ssä tähän muutokseen ollaan valmiita.¹

6 MUUTETUT MALLIHANKKEET JA KUSTANNUSVERTAILUT

Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi toimintatapojen muutosten vaikutuksia kustannuksiin kahden mallin (malli 1 ja 2) avulla. Kummassakin mallissa on verrattu esimerkkihankkeen toteutuneita kustannuksia ehdotettujen toimintatapamuutosten tuomaan hyötyyn ja kustannusten kertymiseen.

6.1 Muutettu malli 1

Esimerkkihankkeella oli käytetty muotissa sekä päätypontattua että päätypontitonta lautaa. Tukitelinemateriaalina käytettiin kaikissa silloissa puuta paitsi silloissa S114 ja S123, joissa oli teräksinen tukiteline.

Muutetussa mallissa 1 on muottimateriaalina käytetty päätypontattua raakaponttilautaa kaikkien siltojen muottipinnoissa. Tukitelineinä on käytetty kaikissa kehäsilloissa (11 kpl) puista vaihtoehtoa ja loppuissa silloissa teräksistä vaihtoehtoa. Kuvassa 15 on esimerkki mallissa 1 käytetystä teräksisestä tukitelineratkaisusta.



Kuva 15. Teräksinen kannentukiteline ja puinen maatuen muotti

¹ Haastattelut: Pentti Ovalon haastattelu

Taulukkoon 11 on kerätty toiminnan muuttamisesta aiheutuvat kustannukset otsakkeen muutettu malli 1 -alle ja verrattu niitä esimerkkihankkeen aikana kertyneisiin kustannuksiin.

Taulukko 11. Muutettu malli 1

Toiminto	Esimerkkihankke	Muutettu malli 1
Muottimateriaali	118 450	134 958
Muottityö	1 071 920	853 280
Telinemateriaali		
Teräs	84 000	719 695
Puu	363 181	231 840
Telinetyö	236 491	46 304
Purkutyö	337 772	203 586
Kuljetukset	365 900	169 060
Nostot	102 353	67 500
Suunnittelu	17 300	28 794
Yhteensä	2 697 367	2 455 017
	Hyöty	242 350

Muottimateriaalikustannukset muutetussa mallissa 1 ovat aiempaa korkeammat. Kustannusnousu johtuu siitä, että muottimateriaali on kokonaan päätyöntähtä raakaponttilautaa. Muottimateriaali on laskettu kaikille 27 sillalle. Muottityö on muutetussa mallissa halvempi, koska lautaa ei tarvitse katkoa.

Tukitelineiden osalta esimerkkihankkeessa on 26 sillan tukitelineet tehty puusta ja kahden sillan tukitelineet teräksestä. Terästukitelineen hintaan sisältyy materiaalin kuljetus työmaalle ja sieltä pois, telineiden pystytys ja purku. Puiselle tukitelineelle on laskettu pystytys ja purkukustannukset erikseen. Muutetussa mallissa 1 on kehäsiltojen (11 kpl) tukitelineet tehty puisina ja loppujen 15 sillan tukitelineet teräksisinä. Kun käytetään terästukitelineitä tarvitaan niiden kanssa puinen muotin tukiteline. Niistä aiheutuva kustannus sisältyy puisen tukitelineen kustannuksiin.

Kuljetuskustannukset on esimerkkihankkeelta otettu suoraan laskutustiedoista. Muutettuun malliin 1 ne on laskettu, olettaen, että kaikki materiaalit on kuljetettu suoraan silloille. Nostot on muutetussa mallissa 1 laskettu olettaen, että yhdellä sillalla tarvitaan nosturia n. 5 kertaa.

Suunnitteluun tuli muutetussa mallissa lisää kustannuksia, koska terästukitornien telinesuunnittelu on kalliimpaa. Jos esimerkkihankkeella olisi toimittu muutetun mallin 1 mukaan, olisi saatu aikaan kustannussäästöä 242 830 €.

6.2 Muutettu malli 2

Muutetussa mallissa 2 on käytetty samoja materiaaleja siltojen tukitelineissä kuin esimerkkihankkeessakin. Muutetussa mallissa 2 muottimateriaalina on käytetty ainoastaan päätypontattua raakaponttilautaa kun esimerkkihankkeessa oli käytetty muotissa sekä päätypontattua että päätypontitonta lautta. Materiaalien kuljetukset ja nostot on muutetussa mallissa 2 suunniteltu etukäteen yhteensopiviksi kulutuksen kanssa, toisin kuin esimerkkihankkeessa toteutui.

Taulukko 12. Muutettu malli 2

Toiminto	Esimerkkihankkeeseen	Muutettu malli 2
Muottimateriaali	118 450	134 958
Muottityö	1 071 920	853 280
Telinemateriaali		
Puu	363 181	326 393
Teräs	84 000	84 000
Telinytö	236 491	236 491
Purkutyö	337 772	337 772
Kuljetukset	365 900	190 200
Nostot	102 353	67 500
Suunnittelu	17 300	17 300
Yhteensä	2 697 367	2 247 894
	Hyöty	449 473

Muutetun mallin 2 mukaan tukitelineiden materiaaleja ostetaan suoraan siltakohteelle. Tukitelinemateriaaleja kierrätetään silloilla kolme kertaa, joten si-

tä kuljetetaan työmaalla viiteen otteeseen. Suurin kustannussäästö syntyy, kun kuljetukset kohdistetaan suoraan silloille. Esimerkki tässä muutetussa mallissa käytetystä puisesta tukitelineratkaisusta on kuvassa 16.



Kuva 16. Puinen tukiteline, vesistönylityssilta E18 Muurla-Lohja -hanke

Materiaalivalinnan ja -suunnittelun jälkeen, puisen tukitelineen kustannus laskee mallissa 2. Kustannuksien lasku ei muotoudu samoista tekijöistä kuin muottimateriaalilla, tukitelineen materiaalia kuljetetaan jatkossakin sillalta sillalle. Suurin säästö syntyy, kun tukitelineen pystytys helpottuu ja nopeutuu.

Sisäisten kuljetusten ja nostojen osalta syntyy säästöä, johtuen materiaalivalinnasta ja tarkemmasta suunnittelusta. Nostoista syntyy säästöä kun toimitaan samaan tapaan kuin mallissa 1. Lisäksi on huomioitava, että aliurakoitsijat, jotka rakentavat tukitelineet ja muotit, välttyvät puutavaran katkaisulta käytettäessä oikeanmittaista tolppaa tukitelineissä ja päätypontattua lautaa muotissa. Tällä on suora vaikutus työn helpottumiseen ja todennäköisesti myös kustannusten laskuun.

6.3 Johtopäätökset muutetuista malleista

Malleissa 1 ja 2 käytiin läpi muotti- ja tukitelinemateriaalivalintojen vaikutusta kustannusten syntyyn siltatyömaalla. Mallissa 1 haluttiin tuoda esille teräksen tukitornin edullisuus ja mallissa 2 paneuduttiin enemmän materiaalien liikuttelun suunnitteluun. Kummassakin mallissa päästiin parempaan lopputulokseen kuin esimerkkihankkeella, joten kalliimpien materiaalien käyttö ei aina ole syy kustannuksien nousuun. Kuten muutetuissa malleissa tulee ilmi, kalliimpi materiaali vähentää kuljetus-kustannuksia ja työkustannuksia. Näiden aiheuttamat säästöt ovat suurempia kuin materiaalin aiheuttama hinnannousu. Näiden mallien pohjalta voidaan vetää johtopäätös, että yrityksen kannattaa jatkossa panostaa materiaalivalintoihin ja kuljetussuunnitteluun.

7 PÄÄPERIAATTEET KUSTANNUSTEHOKKAAMPAAN TOIMINTAAN

Skanska Infra Oy:n toimintaa lähdetään muuttamaan ja tavoitteena on saada kustannuksia karsittua, vähentämällä työmaan sisäisiä kuljetuksia ja tekemällä oikeita materiaalivalintoja. Tähän tavoitteeseen päästään, kun toimintaan suunnittelijoiden etukäteen, yksittäiselle sillalle laskemien materiaalitarpaiden pohjalta ja lisäksi yritys panostaa enemmän määrä-laskentaan ja materiaalitilausten aikatauluttamiseen. Aiemmin varasto-ohjatussa järjestelmässä toiminta jakautui kahteen eri osuuteen, varaston täydennykseen ja varastosta kuluttamiseen, joita yhdisti itse varasto. Toimintojen koordinointi tapahtui varaston tilannetta seuraamalla ja sen muutoksiin reagoimalla. Nyt tilausohjattu järjestelmä muodostaa yhden periaatteessa mahdollisimman yhtenäiseksi hiotun toimintojen ketjun, joka lähtee toimimaan työmaan tarpeesta.¹

Seuraavassa on lueteltu pääperiaatteita, jotta tavoitteeseen päästään:

- Muotti- ja tukitelinemateriaalit toimitetaan työmaalle suoraan sille siltakohteelle, jossa niitä tarvitaan.
- Tarvittavat määrät puutavaraa tarkistuslasketaan telinekuvista ennen tilausta.
- Materiaalivalintojen vaikutukset kustannuksiin on otettava huomioon ennen tilausta.
- Tavara tilataan kohteelle mahdollisimman täysinä kuormina.
- Tavarantoilaus tulee tehdä suurissa erissä, mutta toimitus siltakohtaisesti.
- Puutavara tilataan työmaan tarpeiden mukaisesti ja oikea-aikaisesti toimitettuna.
- Työmaalla vältetään erillisiä varastoalueita.
- Työmaan sisäiset kuljetukset suunnitellaan tehokkaiksi ja toteutetaan mahdollisimman täysinä kuormina.
- Siltapaikalla kaikki tarvittava materiaali nostetaan samana päivänä ylös sillan kannelle ja nostot suunnitellaan etukäteen.

Näihin kymmeneen kohtaan paneutumalla saadaan työmaan toiminnasta jatkossa tehokkaampaa. Siistin ja hyvin toimivan työmaan tulos on aina parempi kuin huonosti hoidetun työmaan.

¹ Karrus, *Logistiikka*.

8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin puumateriaalin tilausta ja toimitusta työmaalle. Lisäksi tavoitteena oli selvittää työmaan varastoalueiden tarpeellisuus sekä sisäisten kuljetusten vähentämismahdollisuudet ja vaikutukset kustannuksiin.

Työmaan sisäisestä puumateriaalien liikuttelusta ei saatu riittävän tarkkoja tietoja tukitelineiden osalta, mutta muottimateriaalin osalta tämä kustannus saatiin selville. Tuloksena syntyi käsitys siitä, mikä on taloudellisin tapa toimia puumateriaalin tilauksessa. Saatiin riittävä kuva, mitä kaikkea tulee ennalta suunnitella, jotta puumateriaalin hukka ja ylimääräiset kuljetukset saadaan kuriin. Puumateriaalien tilaukseen vaikuttavaa ennakkosuunnittelua tulisi korostaa ja jatkossa kehittää tarkemmaksi. Tulevaisuudessa hankkeen kustannuksia voidaan pienentää ja jos alihankkijat laskevat hintojaan työn helpottuessa, ollaan plussan puolella.

Puumateriaalien tilaus- ja toimitustavat määriteltiin Skanska Infra Oy:n tämänhetkisten tarpeiden mukaan. Puumateriaalin hinta on vuoden sisällä noussut yli 100 %. Tämän takia on puun käyttöä siltatyömailla mietittävä ja suunniteltava entistä tarkemmin. Työssä käsitelty muotti- ja tukitelinemateriaalien tilaus- ja toimitustapojen muutosehdotukset ovat vain osa siitä mitä kaikkea voidaan muoteissa ja tukitelineissä vielä kehittää.

Tavoitteena oli löytää kohteita joissa kustannuksia voidaan säästää ja näitä onnistuttiin löytämään. Tuloksia voidaan käyttää kaikilla tulevilla siltahankkeilla ja toimintatapa toimii niin yhden- kuin useammankin sillan työmailla. Toimintatapaa muuttamalla Skanska Infra Oy pärjää entistä paremmin urakakilpailuissa.

Jatkotutkimusaiheita löytyi matkan varrella useita. Sillan suunnittelussa on monia kehittämistä vaativia kohtia. Muotti- ja tukitelineratkaisuissa on paljon kehitettävää ja opittavaa muulta maailmalta. Puu ei materiaalina Suomesta lopu, mutta kauanko se vielä on halvempaa kuin teräs, sen aika meille näyttää?

LÄHDELUETTELO

E18 Lohja-Lohjanharju –väylähankkeen tiedostot. Laskutus, määräluettelot ja suunnitelmat. 2003-2006.

Haapanen, Mikko, Vepsäläinen, Ari P. J., Lindeman, Taru, *Logistiikka osana strategista johtamista*. WSOY 2005.

Haastattelut: Esimerkkihankkeen omat työntekijät: Ahlskog, Lahtinen, Ovalo ja Vuori. Aliurakoitsijoiden työntekijät. 2004-2006.

Karrus, Kaij E., *Logistiikka*. WSOY, 3.-5. painos, 2005.

Peri Suomi Ltd Oy:n kotisivut: <http://www.perisuomi.fi>, luettu 24.3.2007.

Sakki, Jouni, *Logistinen prosessi: Tilaus-toimitusketjun hallinta*. Rastman Oy, neljäs uudistettu painos, 1999.

Skanska Infra Oy, E18 Lohja-Lohjanharju –väylähankkeen määrä- ja kustannustiedostot, 2003–2006.

Suomen Betoniyhdistys r.y. *By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004*. Viides painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2005.

Suomen Betoniyhdistys r.y. *By 40 Betonirakenteiden pinnat / luokitusohjeet 2003*. Suomen Betoniliitto Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. *RIL 147 Tukitelineet ja muotit*. Hakapaino, 2006.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. *RIL 179 Sillat*. Hanko: Hangon kirjapaino Oy. 1989.

Tiehallinnon kotisivut: <http://www.tiehallinto.fi>, luettu 26.3.2007.

Tielaitos, Siltakeskus. Helsinki 1996. *Siltojen tukitelineet*. Helsinki: Oy Edita Ab. 1996.

Kuormitukset

- betoni
- muotti
- valukuorma
- valupaine
- max. nousunopeus $v = 0,5 \text{ m/h}$

$g_k \text{ max} = 10,0 \text{ kN/m}^2$
 $g_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$
 $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
 $p_{\text{sal}} = 24,0 \text{ kN/m}^2$
 $h_l = 400 \text{ mm}$
 $h_o < 1,0 \text{ m}$

Puutavara

- sahatavara

T 24; kosteusluokka 3

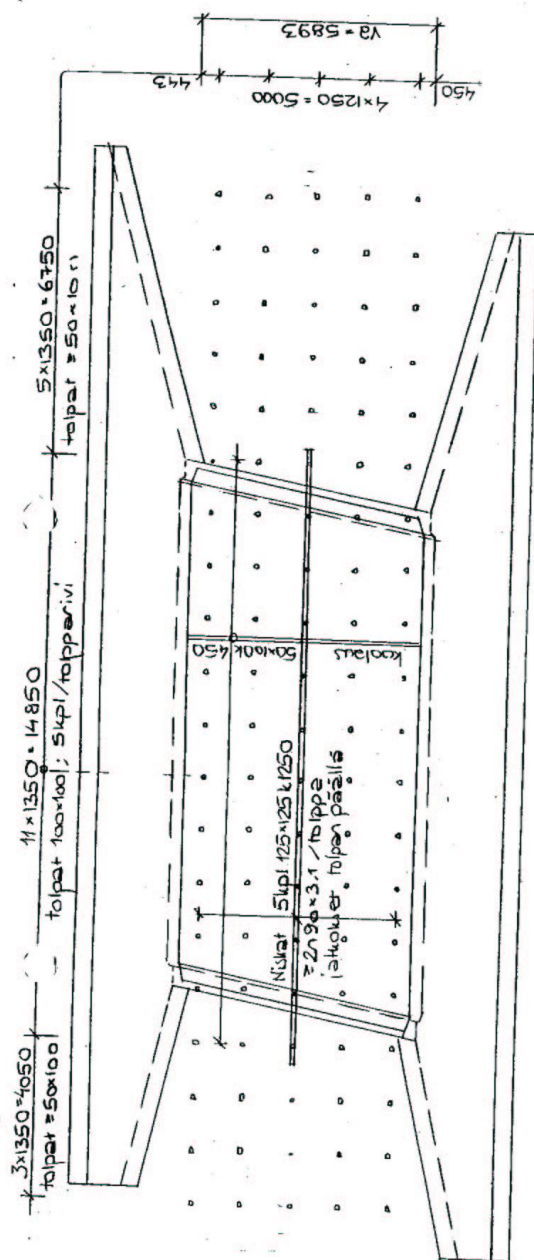
Muottisteet

- alumiinisteet $\varnothing 10 \text{ mm}$
- terässtieit $\varnothing 10 \text{ mm}$

AW 6082 tai vast.
S235J2GR tai vast.

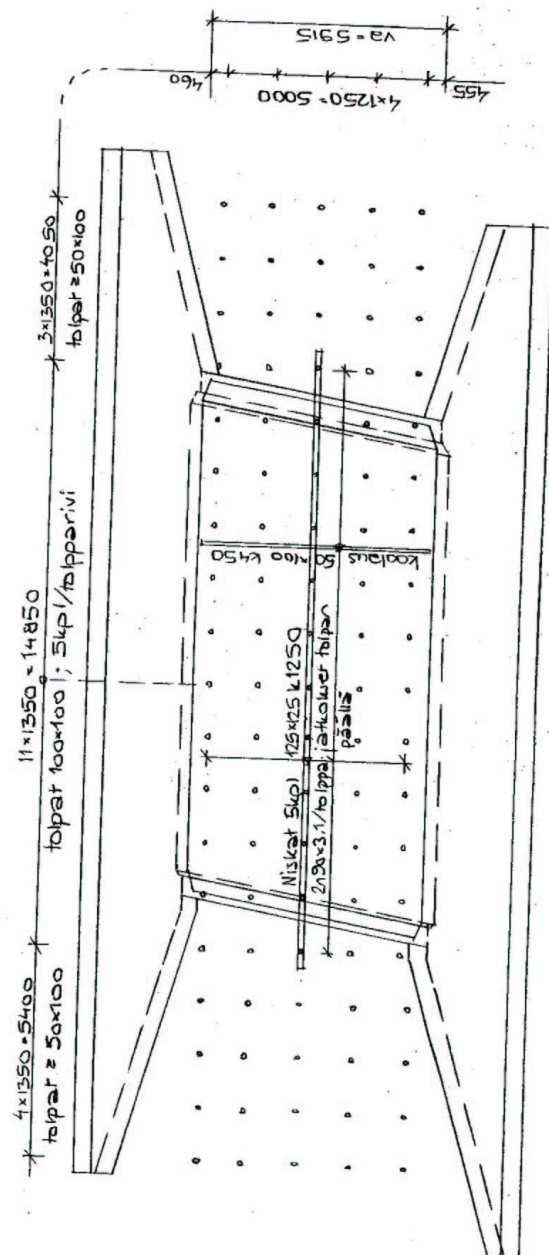
; näkyviin jäävät
; piiloon jäävät

MERKKI	PVM	MUUTOS	TEHNYT	TARK.
HANKE		VALTATIEN 1 (E18) RAKENTAMINEN MOOTTORITEIKSI		
SILLAN NIMI		VÄLILLÄ LOHJA - LOHJANHARJU		
JAKUN		S 119 A ja B LÖFKULLAN ALIKULKUKÄYTÄVÄ; Lohja		
TYYPPI		TERÄSBETONINEN LAATTAKEHÄSILTA (Bik II)		
PIIRUSTUS		SILLAN TUKITELINE- JA MUOTITUSPIIRUSTUS		
JAKUN	II 6,0 m	I 5,893 / 5,915 m	HL	12,25+12,25 m
KUORMA	Omapaino + valukuorma $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$ + valupaine		VINOUS	12,06/10,71 gon
<div>Insinööri TAKPLAN PL 10 : 55551 NASTOLA puh 03 7625500 fax 03 7625510 e-mail tak-plan@ohnet.fi</div> <div>Urakoitsija SKANSKA TEKRA OY TIEHALLINTO Uudenmaan tiepiiri</div>				
PIIR.			TARK.	
SUJUN.	22.06.2004		TARK.	
TARK.			HYV.	
MITTAK.	1:100	1:50	1:25	REV
				R15/15516 TEL - 01



TASOPUURUSTUS

Sillä A



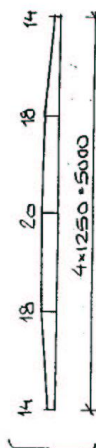
TASOPUURUSTUS

Sillä B

1:100 ILKEIKKAUS 1:150

Sil. A ja B

Ennakkokokohaus teinopainunista
tolppavien kohdalla/
niskalinjoilla



Kokolaus 50x100 k450
muottilaite 20x95
reakauponi
tai metallistettu

Vaako-/pystymuottilaite
20x95, reakauponi
tai metallistettu

Pysty-/vaakokokolaus
50x100 k450

Vaako-/pystysidejuoksu
2xpl 50x100 k 680/675

Al-muottilasiteet
Ø10 #650 x 675
muottilukat A=45cm²

Kensijalan sivuventa
vaihtoehto 1

Vaakajuoksu 50x100
tapulit 50x100 k1350
2n 90x3.1 / litos

Kenän poikisuunnaiset pelkat k1350mm
hxb=150x150mm; 2g ± 95 kpa

Pellkojen alla keskittivis
sora- tai murskeläyhtiö
Huom! Pelkat eteennoan
porkapalkkien välillä,
ei palkkien päälle

DET 01 1:25

Kitapuu 20x100
3n 90x3.1 / vaakaide

Vaakajätket
32x100 k1350

4n 90x3.1 k1350

Sidejuoksu
2xpl 50x100 k675

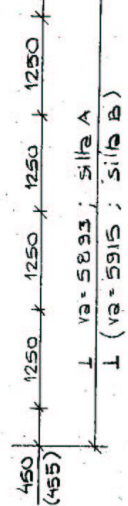
Kenän poikisuunnaiset vinasiteet
1xpl 32x100 / tolpparivi; suunta vuorottelee
-siteiden päissä 5n 90x3.1 / tolppa
-naulaus valitoppiin 2n —

Vaakajätket joka rivissä kenän
pituus- ja poikisuunnan 32x100 k2200
2n 90x3.1 / tolppa
4n 90x3.1 / pystysidejuoksu

Kensijalan sivuventa
vaihtoehto 2

Vaakajuoksu 100x100;
5n 90x3.1 / sidejuoksu
+vinat 32x100 k1350;
2n 90x3.1 / tolppa
pustukilbois alapäässä

Tolpat 100x100
5xpl / tolpparivi;
tolppajako sillan
pituussuunnan k1350mm



PÄÄSUUNNITELMA 1:100

Silta A

DETA

ks. DET A
2n 90x3.1 / tolppa
jalkolautat talpan päälle

muutt. 20x95
raudoitus
mitallistettu

kootaus
50x100 k 450

ks. DET A

Kenän pituussuuntaiset vinositeet
2 kpl 32x100 / tolpparivi
suunta vuorottelee riveltäin
-siteiden päissä
5n 90x3.1 / tolppa
-naulaus välitolppiin
2n 90x3.1 / tolppa

Kenän poikisuuntaiset pelkat k 1350
hxb = 150x150 mm; 8g ± 95 kPa
Pelkkojen alla keskiviivis sora- tai mursketäyttö
Huom! Pelkat asennetaan pontkapakkien
välisiin; ei päälle

Pituussuuntaiset vaaka-
siteet 32x100 k 2200
joka rivissä
2n 90x3.1 / tolppa

Toppien alapäässä
± 4n 90x3.1 / pelkka

PÄÄSUUNNITELMA 1:100

Silta B

ks. DET A

muutt. 20x95
raudoitus
mitallistettu

kootaus 50x100 k 450

DETA

Pituussuuntaiset niskat 5 kpl
125x125 k 1250; 2n 90x3.1 / tolppa
jalkolautat talpan päälle

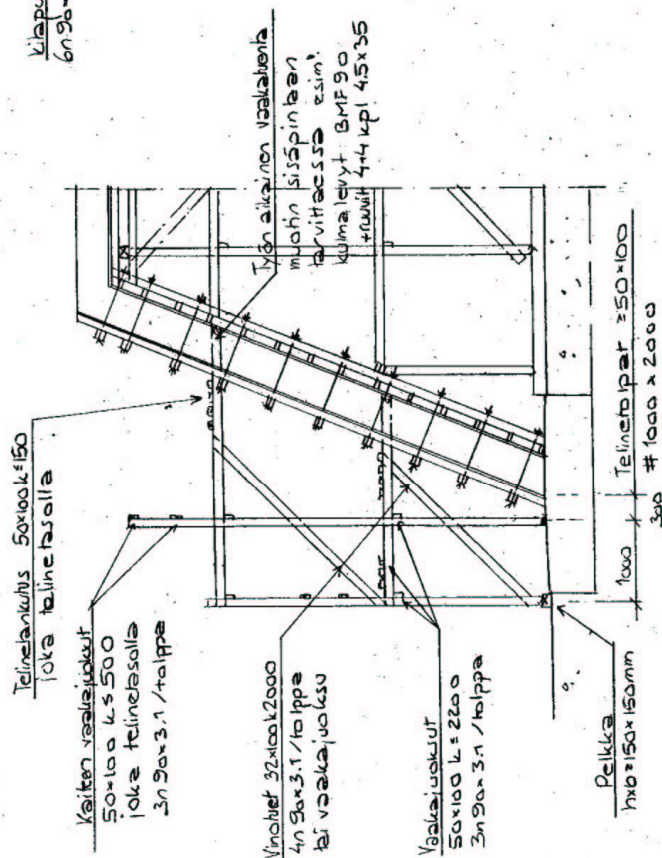
Kenän pituussuuntaiset vinositeet
2 kpl 32x100 / tolpparivi;
suunta vuorottelee riveltäin
-siteiden päissä 5n 90x3.1 / tolppa
-naulaus välitolppiin
2n 90x3.1 / tolppa

Poikisuuntaiset pelkat hxb = 150x150 mm; 8g ± 95 kPa
pelkkojen alla keskiviivis sora- tai mursketäyttö
Huom! Pelkat asennetaan pontkapakkien välisiin

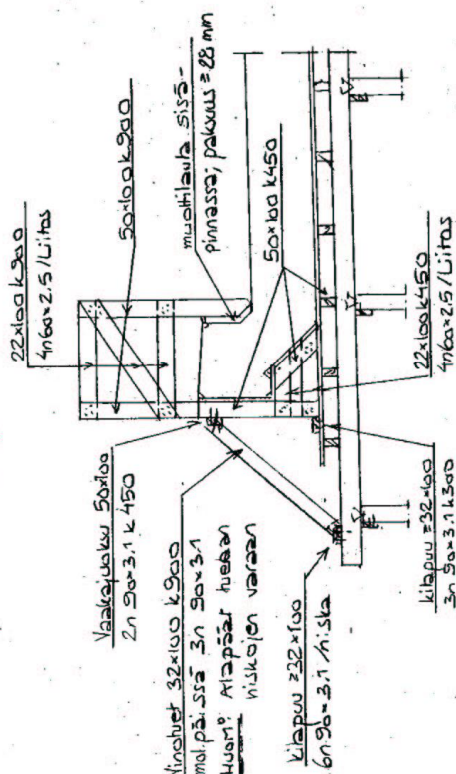
Pituussuuntaiset vaaka-
siteet 32x100 k 2200
joka rivissä
2n 90x3.1 / tolppa

Toppien alapäässä
± 4n 90x3.1 / pelkka

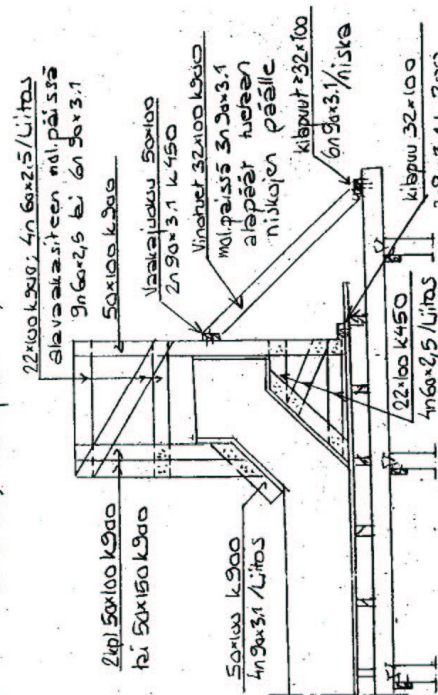
KEHÄN ULKOPUOLINEN TYÖTELINIE 1:50



DET A 1:25
Reunapalkin muotus / tuenta

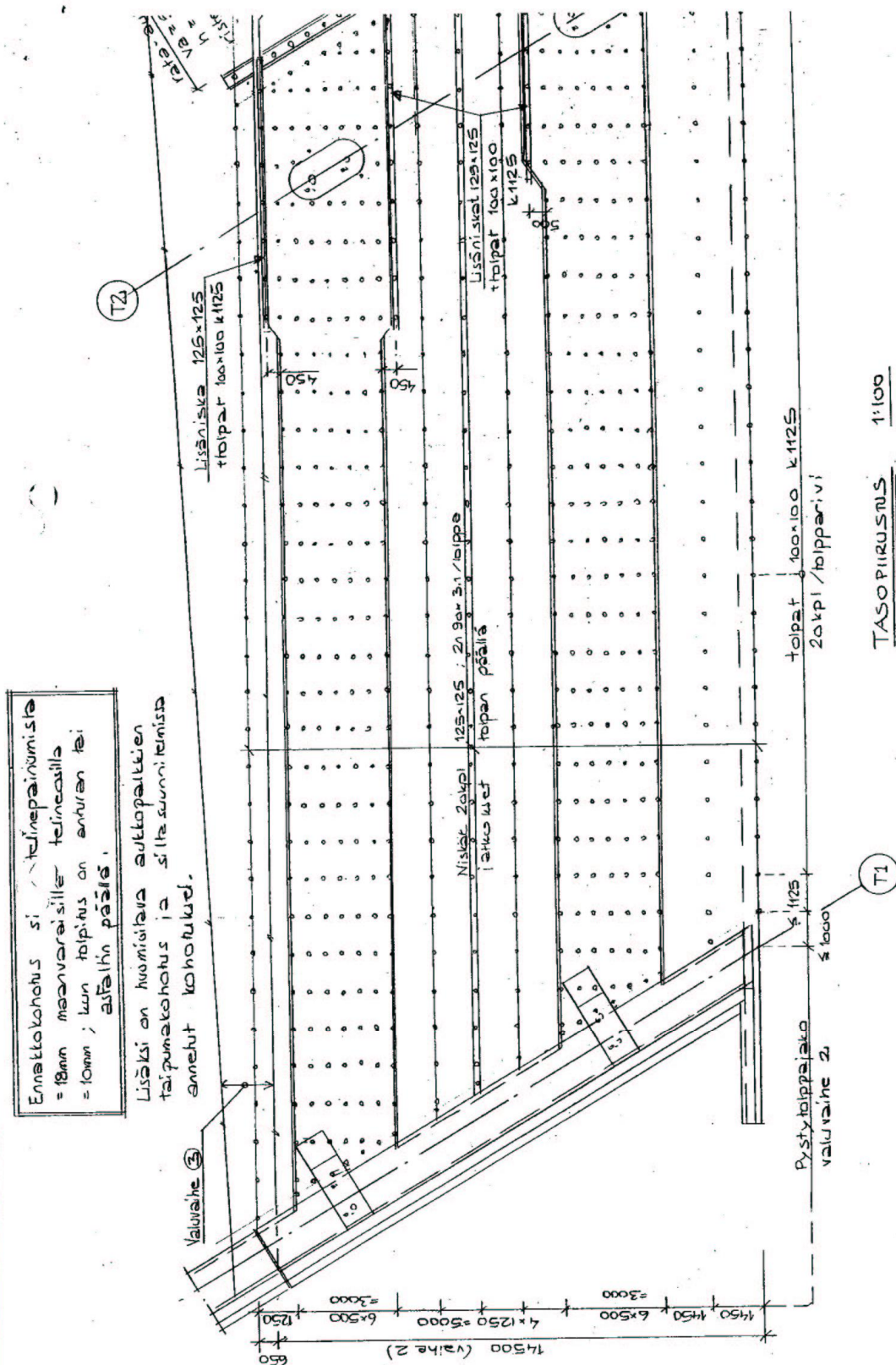


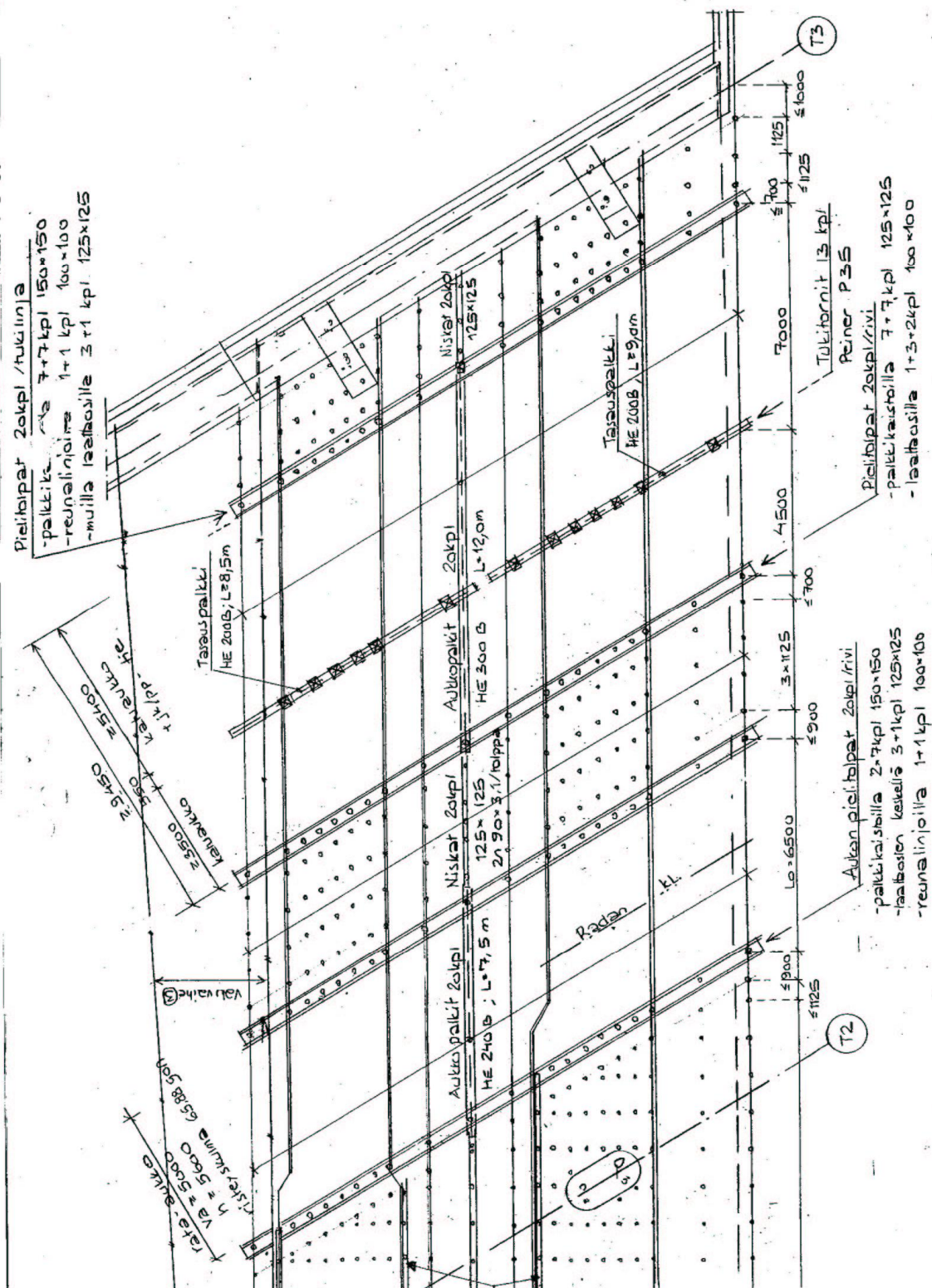
DET B 1:25
Silta B; reunapalkki yläreunassa



- Kuormitukset
- betoni
 - muotti
 - valukuorma
 - työllekuorma
 - valupaine
 - max. nousunopeus $v = 0,5 \text{ m/h}$
- gk max = 42,5 kN/m²
gk = 0,3 kN/m²
qk = 2,0 kN/m²
qk = 2,0 kN/m²
p sall = 24,0 kN/m²
ho < 1,0 m
- h < 1700 mm
- Pudavara
- sahavara
- T 24; kosteusluokka 3
- Teräsrakenteet
- teräspalkit ja pontit
- S235J2GR tai vast.
- Terästukipyväät
- Peiner P35 tukipyväät
 - vaaka- ja vinositeinä Ø 48,3*3,0
 - liittiminä P48 - liittimet
- S235J2GR tai vast.

MERKKI	PVM	MUUTOS	TEHTY	TARK.
HANKE	VALTATIEN 1 (E18) RAKENTAMINEN MOOTTORITEIKSI			
SILLAN NIMI	VÄLILLÄ LOHJA - LOHJANHARJU			
JA KUNTA	S 204 LOHJAN SATAMARADAN YLIKULKUSILTA; Lohja			
TYYPPI	JÄNNITETTY BETONINEN JATKUVA PALKKISILTA			
PIIRUSTUS	SILLAN TUKITELINEPIIRUSTUS; VAIHE 2			
AVAIN	II 30 + 30 m		HL	23.0 ... 26.6 m
KUORMA	Ompaino + valukuorma q = 2,0 kN/m ² + valupaine		VANOUS	30 gon
<div>Insinööritoimisto TAK-PLAN PL 1015551 NASTOLA puh 03 7625600 fax 03 7625510 e-mail tak-plan@ppinet.fi</div>				
PIIRIT.			Tilaaja	
SUUNN.	24.05.2005	Tapio Kallio	Urakoitsija	
TARK.			SKANSKA TEKRA OY	
HYV.			TARK.	
MITTAK.	1:100	1:50	HYV.	
			PIIRINRO	REV
			R15/15553 TEL - 02	





PINUSLEIKKAUS

1:100

Sillan pituussuuntaiset vinositteet $\approx 45^\circ$ n

-kulumassa; suunta vuorotellen

-puuteleinasalla silleet 11 kpl 32x100 k 5625 mm

-aukkojen peittämissä silleet joka rivissä

-silleiden päissä 5n 90x31 / tolppe

-navaus väliholppiin 2n 90x31 / tolppe

Lisävaakasisiteet 32x100 L \approx 2200

välipilarien mol. sivuilille

-navaus nistojen ≈ 15 - tai

alapiirien 5n 90x31 / side

12

0 4 6

0 10 14

0 15 21

4x1625 x 6

L \approx 65

Aukkopalkki

HE 240 S

h \approx 5600

AU \approx 2500

Peltilippiin a

LARSEN 603

peräseuraus

vierustäyde

Auk

h \approx 6

vier

Vaakasisiteet joka rivissä sillan

pituis- ja poikisuuntaan

32x100 k \approx 2100

-2n 90x31 / tolppe

-3n 90x31 / aukon peltilippe

Tolppien alla pelikat sillan pituis-

ta poikisuuntaan h \approx 150 x 200 mm 2

-Pelkkien alla keltikivis soa- tai

mursketäyde h \approx 300 mm

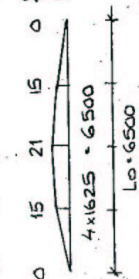
-Poikittaisien pelkkien vierustäyde

soalla pelkkien osalla

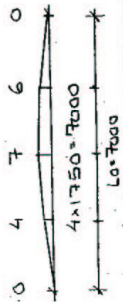
h \approx 150 mm; leveys \approx 4,0 m

Autkopalkkien tapumakonehukset (mm)

0	4	6	4	0	{	Reunalinjat
0	10	14	10	0	{	7+1 kpl HE 240B
0	15	21	15	0	{	Palkit laatoilla
					{	3+1 kpl HE 240B
					{	Palkkakaistat
					{	7+7 kpl HE 240B



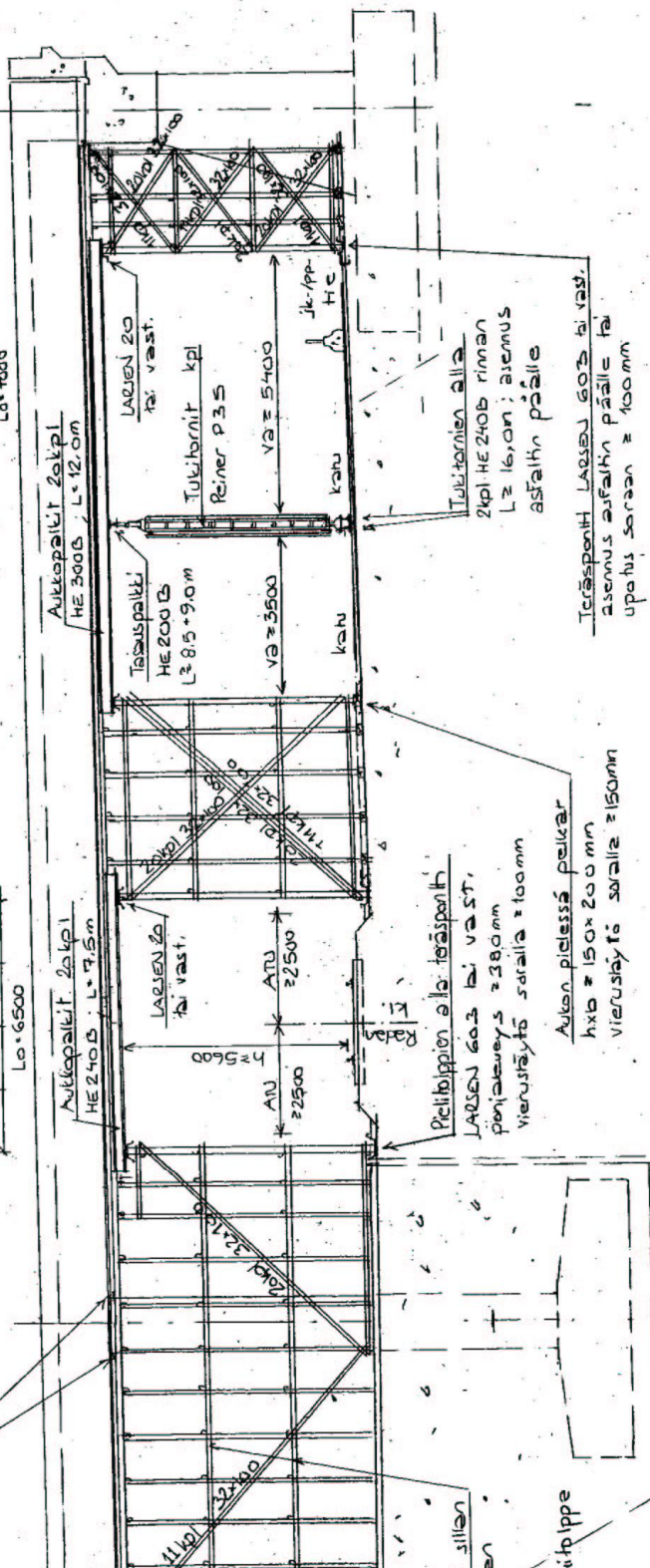
Palkkakaistat
7+7 kpl HE 300B



T3

T2

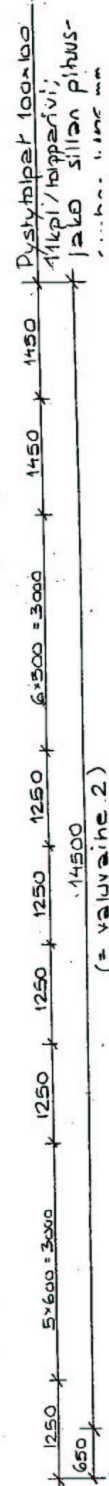
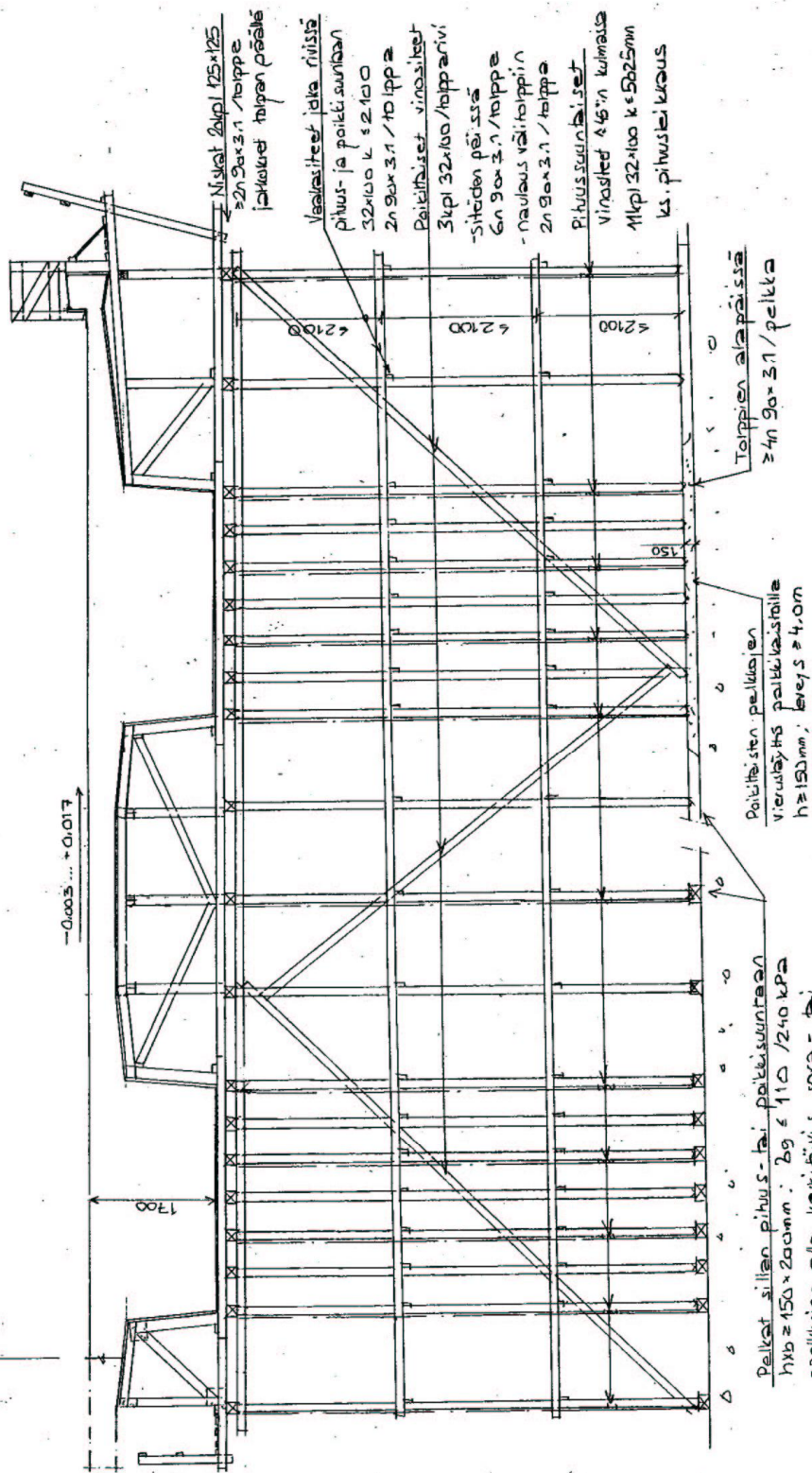
L=2200
na.
side

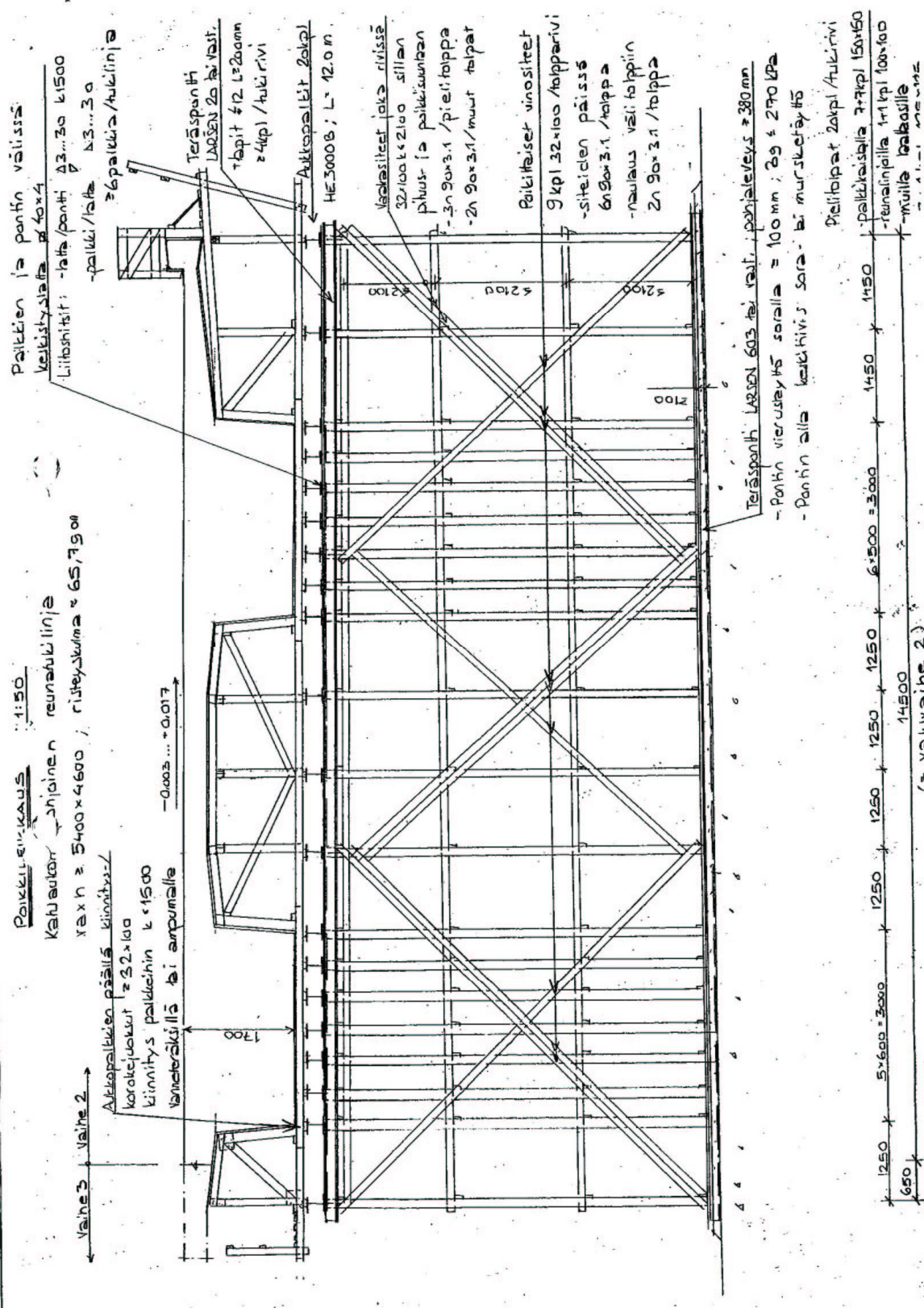


Poikkileikkaus 1:150

Puutelineosat

Vaihe 3 Vaihe 2





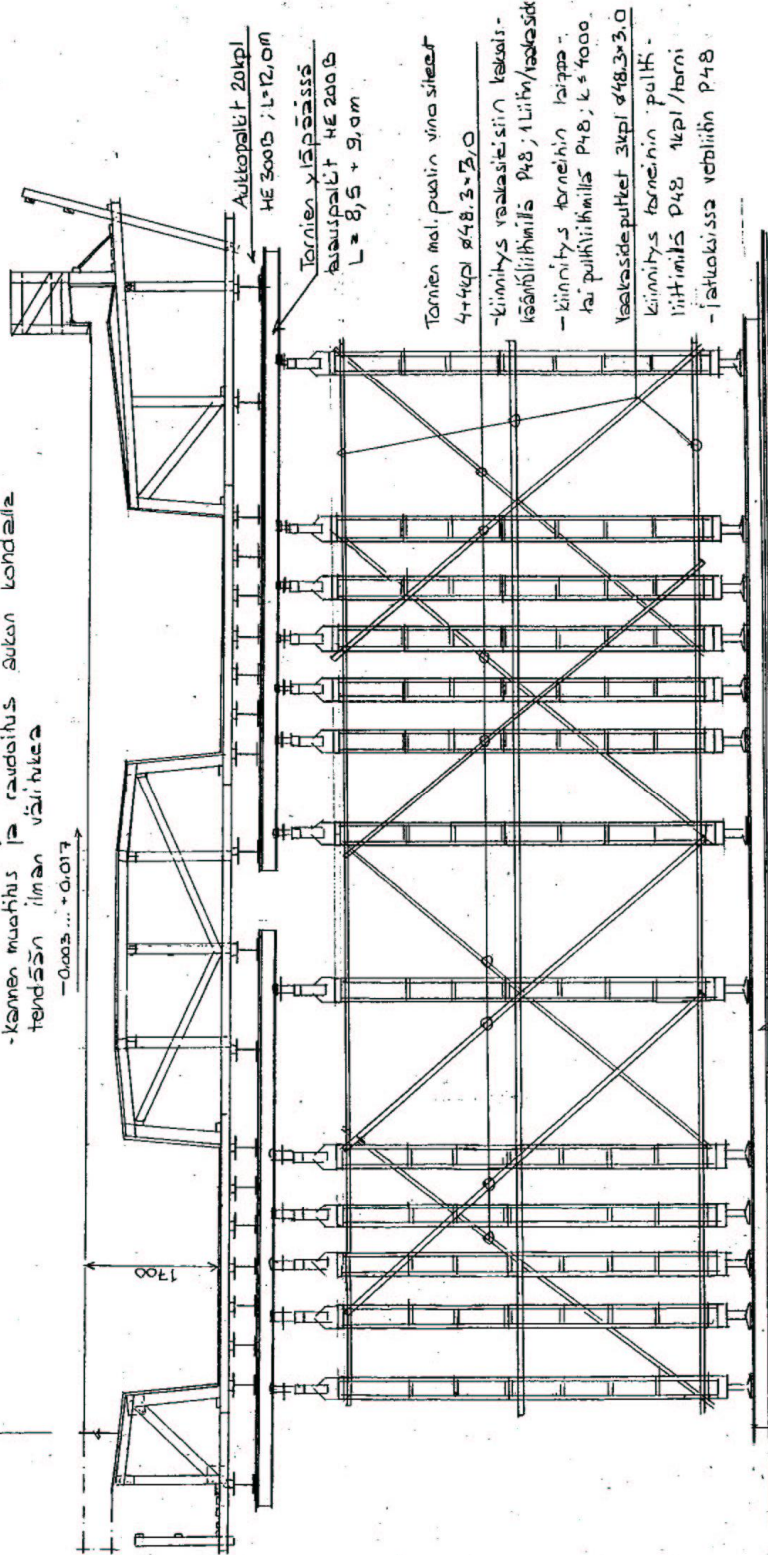
Poikkileikkaus 1:150

Katuaukon risteyshelinä ; risteyskulma = 65,7°

Maite 3 Maite 2

Huom! Valokuvien tukitornit asennetaan juuri ennen valua
-kannen muuttamis ja rauditus auton konderalle
tendään ilman välihuokaa

-0,003 ... +0,017



Tukitornit 13kpl
Peiner P35

-Tukitornien alla 2kpl HE 240B.rinnan
L=16,0m ; asennus asfaltin päälle
hitaus yhteensä 0,4x40 k150 ylälaipaisa

1200	300	650	650	750	2100	2100	900	900
1250	5x600=3000	1250	1250	1250	6x500=3000	1450	1450	1450
650								

(= valokuvien ?)

Kuormitukset

- betoni
- muotti
- valukuorma
- työlaine kuorma
- valupaine
- max. nousunopeus $v = 0,5 \text{ m/h}$

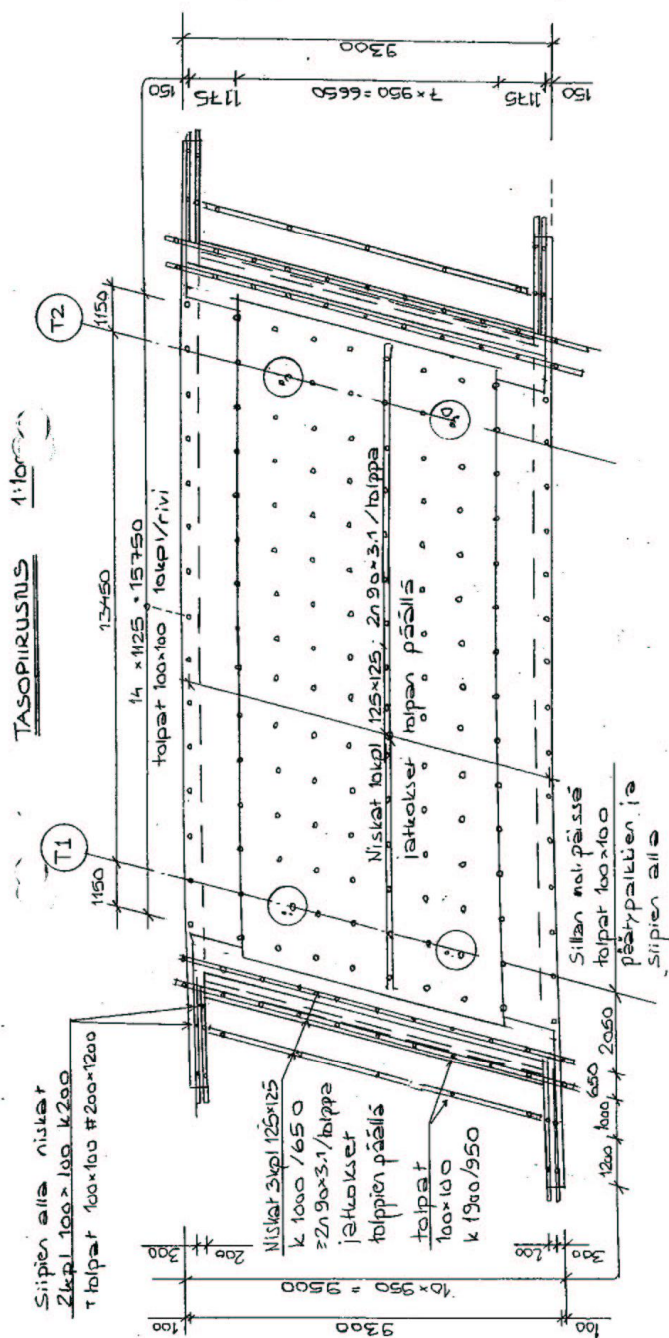
gk max = 20,3 kN / m²
gk = 0,3 kN / m²
qk = 2,0 kN / m²
qk = 2,0 kN / m²
p sall = 24,0 kN / m²
; h < 810 mm
; ho < 1,0 m

Puutavara

- sahatavara

T 24; kosteustuokka 3

MERKKI	PVM	MUUTOS	TEHTY	TARK.
HANKE	VALTATIEN 1 (E18) RAKENTAMINEN MOOTTORITEIKSI			
SELAN NIMI	VÄLILLÄ LOHJA - LOHJANHARJU			
JA KUNTA	S 208 MÄNTYNUMMEN ALIKULKUKÄYTÄVÄ; Lohja			
TYYPPI	TERÄSBETONINEN ULOKELAATTASILTA			
PIIRUSTUS	SILLAN TUKITELINE- JA MUOTITUSPIIRUSTUS			
JALVA	(2,6) + 13,45 + (2,6) m			HL 8,50 m
KUORMA	Omapaino + valukuorma q = 2,0 kN/m ² + valupaine			viivous 16,5 gon
Insinööritöimisto TAR-PLAN PL 10 15551 NASTOLA puh 03 7625500 fax 03 7625510 e-mail tar-plan@finnet.fi	Urakoitsija		Tilaaja	
	SKANSKA TEKRA OY		TIEHALINTO Uudenmaan tiepiiri	
PIIRIT.		TARK.	TARK.	
SUUNN.	28.06.2005	TARK.	TARK.	
TARK.		HYV.	HYV.	
MITTAK.	1:100	1:50	1:25	REV
				R15/15556 TEL - 01

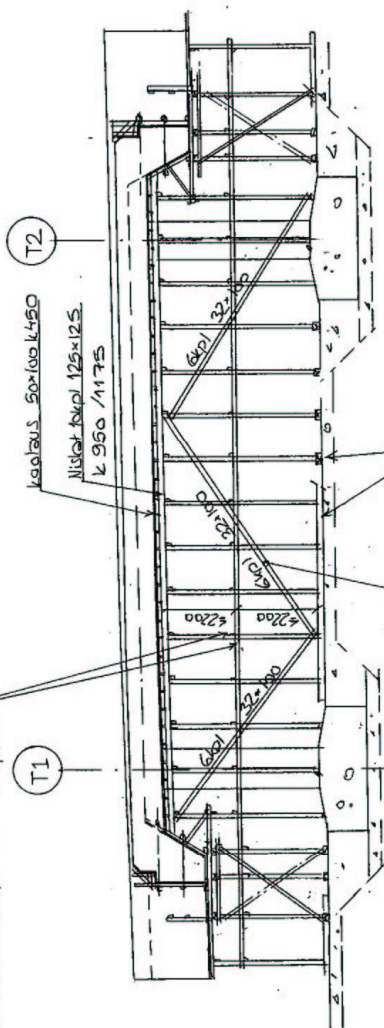


Ennakkokohotus sillan telinepainumista
= 16 mm naavaraisilla telinemosilla
- 9 mm ; kun lopitus anuran päällä
Lisäksi on huomailtava silta-suunnitelmissa
annetut kohotukset

PINUSLEIKKAUS

1:50

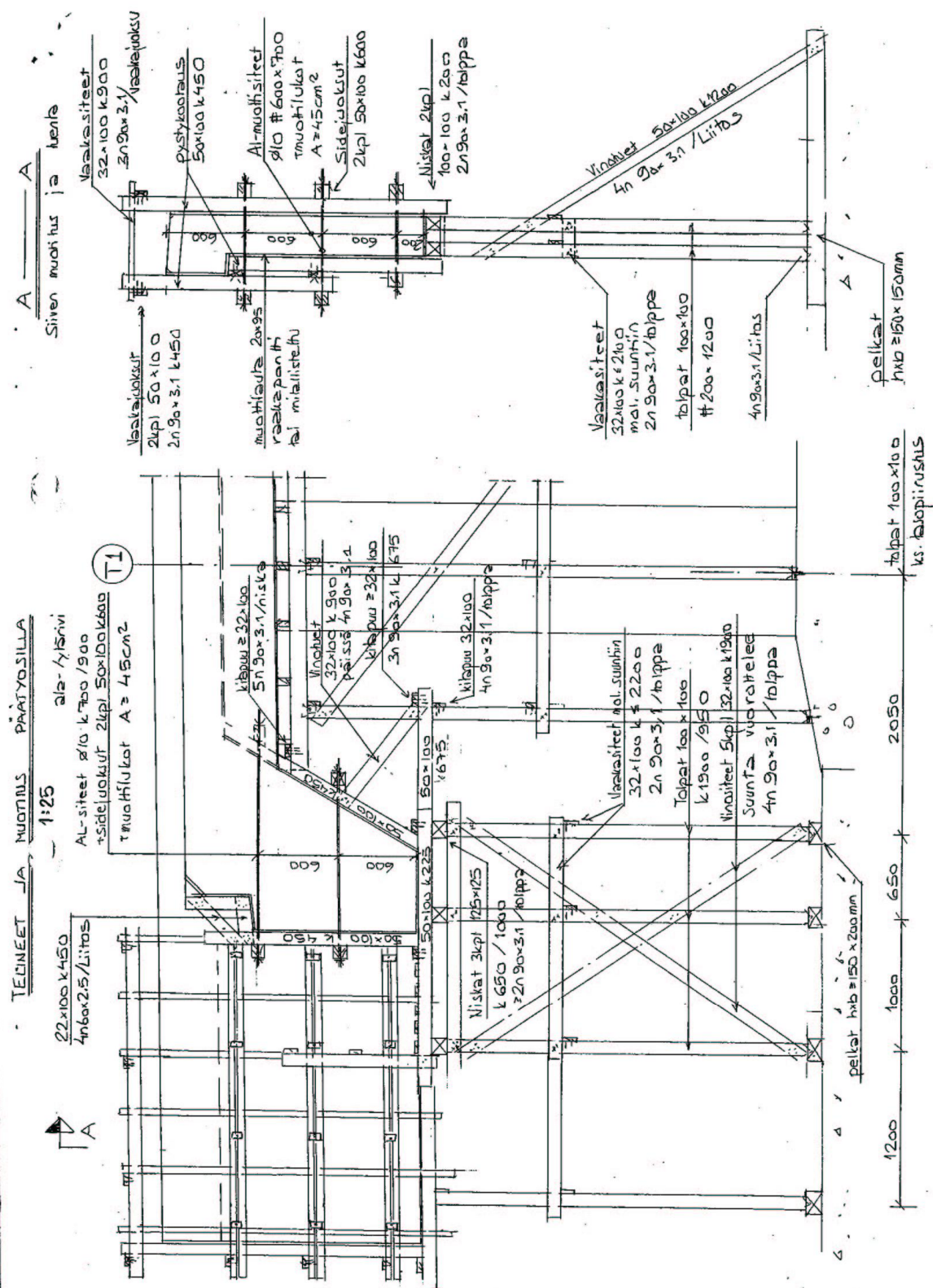
vaakasuunnat joko rivissä sillan
pituus- ja poikittasuuntaan
32x100 k € 2200; 2n 90x31/tolppa



vaakasuunnat 50x100 k € 450
palkit 32x100 k € 2200
palkkisuunnat 125x125
k € 950 / 1175

Palkit sillan pituus- ja poikittasuuntaan
h x b € 150 x 200 mm; 2n 90 x 120 kPa
Palkkisuunnat alla keuhkiväli sora-
tai murskeläyhtö h € 300 mm

Pituussuunnat vinosuunnat
6xpl 32x100 k € 5625 mm
suunta vuoro Helee
-siteiden päissä 5n 90x31/tolppa
-naurus väliholppien 2n 90x31/tolppa



KEHÄSILTA



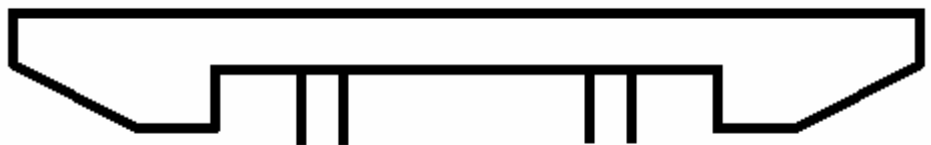
Kuva 1 Esimerkki vinojalkaisesta kehäsillasta

JÄNNITETTY BETONINEN JATKUVA PALKKISILTA



Kuva 2 Esimerkki jännitetystä vesistösillasta

ULOKELAATTASILTA



Kuva 3 Esimerkkipiirros ulokelaattasillasta

Taulukko 1. LOLO:n sillat

SILTA		Siltatyyppi	Kannen- pituus	Kannen- leveys	Sillan ko- konais- pituus
			m	m	m
S108	Lehtomaan rs	Kehä 1	6,4	12,3	6,4
		Kehä 2	6,4	12,3	6,4
S109	Lehmuston rs	Jännitetty	61,1	10,8	68,8
S111	Pajamäen rs	Jännitetty	54,5	6,0	62,6
S112	Koivuniemen rs	Jännitetty	53,5	6,0	60,0
S113	Nälköölammen rs	Ulokelaatta	21,0	12,3	31,0
S114	Muijalan rs	Jännitetty	157,0	15,8	168,8
S115	Pajarinteen rs	Jännitetty	104,3	7,0	138,8
S116	Koulun rs	Ulokelaatta	46,4	12,3	50,0
S118	Vappulan akk	Kehä	6,8	12,3	16,2
S119	Löfkullan akk	Kehä 1	6,5	12,3	10,0
		Kehä 2	6,5	12,3	10,0
S121	Lieviön rs	Jännitetty	129,0	12,3	138,8
S123	Pillistön ykk	Hirvisilta	32,3	50,0	32,3
S131	Takatyynylän akk	Kehä	6,5	7,0	22,0
S132	Saasterinteen akk	Kehä	6,5	13,5	19,5
S133	Nälköölammen rampin rs	Laatta	21,1	7,0	31,1
S200	Kansakoulun akk	Kehä	5,6	15,1	17,0
S201	Keskilohjantien rs	Jännitetty	66,9	17,3	77,3
S202	Suurlohjankadun rs	Jännitetty	72,0	13,8	84,0
S203	Suurlohjankadun akk	Kehä 1	7,9	10,3	20,8
		Kehä 2	7,9	10,8	20,6
S204	Lohjan satamaradan yks	Jännitetty	63,3	26,0	38,9
S205	Pultin yks	Jännitetty	65,4	7,0	76,6
S206	Retkunperän akk	Kehä	7,1	7,2	10,1
S207	Vesitornin akk	Ulokelaatta	19,1	18,8	26,2
S208	Mäntynummen akk	Ulokelaatta	18,6	8,5	24,0
S209	Laakspohjan akk	Kehä 1	6,6	8,5	19,2
		Kehä 2	6,6	8,5	19,2
S210	Lehmijärven akk	Kehä 1	6,6	6,4	19,2
		Kehä 2	6,6	6,1	19,2
S211	Lempolan akk	Kehä 1	6,2	9,3	6,5
		Kehä 2	6,2	9,3	6,5
Yhteensä			1098,3	403,9	1357,9
rs = risteyssilta					
akk = alikulkukäytävä					
ykk = ylikulkukäytävä					

LOLO						
Kustannusvalvonta/Potitus						
Littera	Tehtävä	Urakoitsija	Tavoitearvio	Kauppa	Ennuste	Toteutuma
						9.12.2005
1	Maatyöt		512399	457655	470824	457655
	Maatyöt	Salon Tehoraivaus Oy	285000	386170	386170	386170
	Sepelit	Lohja Rudus Oy	157603	57654	57654	57654
	Muut	Muut	69796	13831	27000	13831
2	Paalutus, Tukiseinät		219054	75438	75438	75438
	Betonipaalut	Skanska Betoni Oy	41726	25220	25220	25220
	Putkipaalut	Rautaruukki Oy	11500	34587	34587	34587
	Tukiseinät	Oma työ	104000	0	0	0
	Muut	Muut	61828	15631	15631	15631
3	Muotti ja Telinetyöt		1619926	2050625	2093850	2041968
	Muotti ja telinetyö	Hiltunen		775000	775000	771538
	Muotti ja telinetyö	EP-Kehä		375000	375000	369805
	Muotti ja telinetyö	Skanska Tekra		223000	223000	223000
	Suunnittelu	Tak-Plan		15850	15850	15850
	Purku, putsaus, kuljetukset	Perhemies		535572	575000	535572
	Muut	Muut		126203	130000	126203
4	Muotti ja telinemat.		954000	931405	936260	931405
	Hirvisillan muotti	Doka		136018	136018	136018
	Muijalan telinevuokra	Peri		89133	89133	89133
	Pilarimuotit	Finn-Form		51109	51109	51109
	Puutavara	Puukeskus		503475	505000	503475
	Lauta					
	Koolinki					
	Tolpat/Niskat					
	Peikat					
	Muut	Muut		151670	155000	151670
		Teräspalkit				

5	Raudointus ja Jännitys		1831559	2126259	2143000	2106259
	Raudointus	Fundia		1668599	1678000	1668599
	Jännitys	Skanska Tekra		320000	325000	300000
	Muut	Muut		137660	140000	137660
6	Pääll. rak. betonointi		292972	251534	253000	251534
	Betonointityöt	Jokiniemi		199681	200000	199681
	Muut	Muut		51853	53000	51853
7	Betonimassa		1377849	1450624	1452887	1450624
	Betonimassa	Lohja		1447737	1450000	1447737
		Massa				
		Kuljetus				
		Pumppaus				
	Muut	Muut		2887	2887	2887
8	Eristykset, asfaltit, pinnoitukset		657520	583180	677414	574699
	Mastiksit	LMK		495000	550000	489082
	Huopaeristys					
	Kanavat, tarvikkeet					
	Asfaltit					
	Pinnoitukset	KKN-Rakennus		36757	75000	36757
	Graffitisuojaus					
	Sinkopuhallukset	SPT-Painting		15000	15000	12437
	Asfaltit	Skanska Asfaltti		2414	2414	2414
	Muut	Muut		34009	35000	34009
9	Kaiteet, meluselnät		840858	533834	535000	471782
	Teräskaitteet	Jola		500000	500000	437948
	Betonikaiteet	Skanska Betoni		0	0	0
	Muut	Muut		33834	35000	33834

0	Varusteet, Graffittisuojaus		688140	261727	278494	241357
	Liikuntasaumat	Tensicon		45836	46000	45836
	Laakerit	Janhunen		101960	102000	101960
		Teknikum		5494	5494	5494
	Sähköputkitukset	Wire		75000	75000	54630
	Muut	Muut		33437	50000	33437
8000	Käyttökustannukset		412416	618706	682500	618706
8110	Työmaarakennukset	(2650€/ kk)	53000	56599	63000	56599
		Vuokrat				
		Kuljetukset				
		Siirrot				
		Nostot				
		Siivoukset				
		varusteet				
8150	Aitaus, kilvet	(500 €/ kk)	10000	694	1000	694
		Lippusiimat, ym				
8160	Rakennussuojaus		3000	1851	3000	1851
		Sääsuojat				
		Suojapellit				
8170	Työturvallisuus		0	13605	15000	13605
		Turvallisuuskierrokset				
		Kaiteet työpuolella				
		Suojaimet projektilta				
8180	Telineet, kelkat					
		Työtelineet	0	3053	5000	3053
		Porrastornit				
8200	Työnaikaiset asennukset		98500	74678	98500	74678
		Wire				
		Puhelin				
		Rakennuskone				
		Ym				
8320	Nosturit		24000	102353	110000	102353
		Ajoneuvonosturit				
8360	Sisäiset siirrot	(7315 €/ kk)	146316	168034	170000	168034
		Perhemies Litt 3				
		Öhman				
		Kovanen				
		KTK				

8410	Työkoneet		24000	52069	55000	52069
	Keskusvaraston laskut					
	Vuoraamoiden laskut					
	Pienkone ostot					
8420	Työkalut ja välineet		0	28257	30000	28257
	Hankinta					
	vuokrat					
8500	Käyttötarvikkeet		0	32658	37000	32658
8610	Sähkö		48800	39014	45000	39014
	Sähkölaskut					
8620	Vesi		0	28	1000	28
	Vesilaskut					
8630	Kaasu		0	2719	3000	2719
	Kaasulaskut					
8640	Polttoaineet		4800	12394	13000	12394
	Polttoainelaskut					
8700	Kuljetukset		0	2095	3000	2095
	rahtimaksut, joita ei voi kohdistaa kuljete- tulle materiaalille					
8710	Jätehuolto		0	28605	30000	28605
	Paskamakit					
	Tyhjennys					
	Roskikset					
	Tyhjennys					
9000	Yhteiskustannukset		877480	894218	929000	894218
9100	Työnjohto	Vastaava				
9110	Työnjohto	Työnjohtajat	638480	474618	500000	474618
9120	Työnjohto	mittapäällikkö				
9140	Työmaakokeet		101000	84477	85000	84477
	Peräkylä					
	Contesta					
	Lohja					
	Pda					
	Muut					

[illegible]

